

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté de génie de la construction

Département de Génie Mécanique



Mémoire de fin d'étude

OPTION : *Génie Mécanique*

SPECIALITE : *Fabrication Mécanique et Productique.*

Thème:

Conception d'un outil de découpage de la bande élastique pour la cage à roulements du moteur électrique -ENEL-

Présenté par:

Addoum Abderrahmane

Bahloul Amir

Encadré et orienté par:

M' Belaïd Kamel

Proposé par:

M' Larbi Arezki

M^{me} Chouali Sabrina

promotion 2018

Remerciements

Nous tenons en premier lieu à remercier ALLAH pour le courage et la patience qui nous a donné afin de mener ce travail à terme.

Nous exprimons nos profondes gratitude à l'égard de notre promoteur, Mr Belaid kamel pour non seulement ses précieux conseils durant ce travail, mais aussi pour nous avoir fait l'honneur de nous encadrer.

Nous remercions les membres du jury qui ont acceptés de juger ce modeste travail.

Nous remercions l'équipe d'ingénieurs et techniciens de l'Entreprise E.N.E.L, pour leur aide et leur orientation, tout au long de ce travail.

Enfin, nous rendons grâce à toutes les personnes qui nous ont aidés notamment nos enseignants, familles et amis.

Dédicaces

Il m'est agréable de saisir cette occasion

pour

dédier ce travail à:

Toute ma famille.

Mes parents.

Mes frères et sœurs.

Tous mes amis(es) et tous ceux qui mon

aidé de près ou de Loin.

Abdou

Dédicaces

Il m'est agréable de saisir cette occasion pour

dédier ce travail à:

*Ma très chère mère pour ses sacrifices, son dévouement
pour mon bonheur, et son soutien dans ma vie.*

Mon chère frère YANIS, ma chère sœur HANANE.

Ma grand-mère, ma tante, et toute la grande famille.

*Mes chères amis (es) et tous ceux qui mon aidé de près ou
de Loin.*

Ma bien aimée "Alt 3"

Amir

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	13
PRESENTATION GENERALE DE L'ENTREPRISE ELECTRO-INDUSTRIES	15
Presentation des unites:	16
Prestations techniques :	16
Qualité des produits :	17
Chiffre d'affaires	17
Chapitre I: Procédés de mise en forme	18
I-1:Introduction :	19
I-2: Le découpage :	20
I-2-1: Définition du découpage :	20
I-2-2: Principe :	20
I-2-3: Aspect d'une coupe :	21
I-2-4: Angles des lames et effets de coupe :	21
I-2-5: Jeu de découpage :	22
I-2-6: Efforts de découpage et effort d'extraction :	23
I-2-6-1: Effort de découpage :	23
I-2-6-2: Effort d'extraction :	23
I-2-7: Vitesse de découpage :	24
I-2-8: Différents types de découpage : [3]	24
a/ Encochage	24
b/ Crevage	24
c/ Ajourage	25
d/ Détourage	25
e/ Soyage	26
f/ Grignotage	26
g/ Cisailage	27
I-3: L'emboutissage :	27
I-3-1: Définition de l'emboutissage :	27
I-3-2: Principe de l'emboutissage :	28
I-3-3: Types d'emboutissage :	29

I-3-3-1: Emboutissage à froid -----	29
I-3-3-2: Emboutissage à chaud-----	30
I-4: Le pliage :-----	30
I-4-1: Définition de pliage :-----	30
I-4-2: Les différents modes de pliage :-----	30
I-4-2-1: Le pliage en V :-----	31
I-4-2-2: Le pliage en U :-----	31
I-4-2-3: Le pliage en L :-----	31
I-4-3: Paramètres influents sur l'opération de pliage -----	32
I-4-3-1: Le rayon de la matrice de pliage-----	32
I-4-3-2: Le jeu de pliage-----	32
I-4-3-3: Le retour élastique -----	32
I-4-4: Effort de pliage-----	32
I-5: Conclusion-----	33
Chapitre II: La machine utilisée-----	34
II-1: Introduction :-----	35
II-2: Les presses :-----	35
II-3: Les outils de presse:-----	35
II-3-1: Eléments principaux d'un outil de presse:-----	35
❖ Le poinçon:-----	35
❖ La matrice:-----	36
❖ La dépouille:-----	36
❖ L'affûtage:-----	37
II-3-2: Différents types d'outils de presse:-----	38
II-3-2-1: Outil à découvert: on distingue deux types:-----	38
II-3-2-2: Outil Suisse:-----	39
II-3-2-3: Outil à Contre-plaque: [5]-----	39
II-3-2-4: Outil à Presse à Bande:-----	41
II-3-2-5:Outils de Reprise:-----	41
II-3-2-6: Outils de Détourage:-----	41
II-3-2-7: Outils à Came:-----	43
II-3-2-8: Outil de Cambrage:-----	44
II-3-2-8: Outils d'Emboutissage:-----	45
II-4: Classification des presses : [5]-----	46
II-4-1: Selon le mode de transmission d'énergie :-----	46

II-4-1-1: Les presses mécaniques :-----	47
II-4-1-2: Les presses hydrauliques :-----	51
II-4-2:selon le nombre de coulisseaux :-----	52
II-4-2-1: Presse à simple effet :-----	52
II-4-2-2: Presse à double effet:-----	52
II-4-2-3: Presse à triple effet:-----	52
II-4-3: Selon la forme du bâti:-----	53
II-4-3-2: Presses à col de cygne:-----	54
II-4-3-3: Presses à colonnes :-----	54
II-4-3-4: Presses à arcade:-----	55
II-4-3-5: Presses à table mobile et bigorne:-----	55
II-5: Quelques critères de sélection et de choix d' presses:-----	56
II-6: conclusion:-----	56
Chapitre III: Etude et conception de l'outil -----	57
III-1: Introduction-----	58
III-2: Cahier des charges :-----	58
III-3: La problématique :-----	60
III-4: Calcul des efforts:-----	60
III-4-1: Calcul de l'effort de découpage :-----	60
III-4-2: Calcul de l'effort de dévêtissage [Fdev] :-----	61
III-4-3: Calcul de l'effort fourni par la presse Fpr :-----	62
III-5: La presse à utiliser :-----	63
III-6: Les solution proposées :-----	64
III-7: Choix de la solution:-----	66
III-8: Conception de l'outil :-----	67
III-8-1: Détail des pièces de l' outil :-----	67
III-8-2: Mises en plan :-----	72
CONCLUSION GENERALE -----	75

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de l'entreprise..... 16

Chapitre I : Procédés de mise en forme.

Figure I- 1:Schéma de découpage..... 20

Figure I- 2:Principe de découpage..... 21

Figure I- 4: Les effets de coupe..... 22

Figure I- 5: Jeu de découpage..... 23

Figure I- 6: Encochage..... 24

Figure I- 7: Crevage..... 25

Figure I- 8: Ajourage..... 25

Figure I- 9: Détourage..... 26

Figure I- 10: Soyage..... 26

Figure I- 11: Grignotage..... 27

Figure I- 12: Cisailage..... 27

Figure I- 13: L'emboutissage..... 28

Figure I- 14: Principe de l'emboutissage..... 29

Figure I- 15: L'emboutissage à froid..... 29

Figure I- 16 :L'emboutissage à chaud..... 30

Figure I- 17: Pliage en V..... 31

Figure I- 18: Pliage en U..... 31

Figure I- 19 : Pliage en L..... 31

Figure I- 20 : Le retour élastique..... 32

Chapitre II : La machine utilisée.

Figure II- 1: L'ensemble matrice et poinçon..... 36

Figure II- 2: Schématisation d'une dépouille..... 37

Figure II- 3: Principe de l'affûtage..... 37

Figure II- 4 :Outil à découvert simple..... 38

Figure II- 5: Outil à découvert à butées..... 38

Figure II- 6: Schématisation d'un outil suisse..... 39

Figure II- 7 :Outil à contre plaque à engrenage..... 40

Figure II- 8: Outil à Contre-plaque à Couteau..... 40

Figure II- 9: Outil à Presse à Bande..... 41

Figure II- 10 : Outil de détourage Normal..... 42

Figure II- 11: Outil de détourage à Ras..... 42

Figure II- 12: Outil de détourage-Poinçonnage..... 43

Figure II- 13 : Outil à came..... 43

Figure II- 14: Outil de Cambrage en V..... 44

Figure II- 15 : Outil de cambrage en U..... 44

Figure II- 16 : Outil de Cambrage en Équerre..... 45

Figure II- 17 : Outil placé sur presse à simple effet..... 46

Figure II- 18 : Outil placé sur presse à double effet..... 46

Figure II- 19 : Presse mécanique..... 47

Figure II- 20 : Système bielle-manivelle..... 48

Figure II- 21 : Système à genouillère.....	49
Figure II- 22: Système excentrique.....	49
Figure II- 23: Système à came.....	50
Figure II- 24 : Embrayage par clavette tournante.....	50
Figure II- 25: Embrayage par électropneumatique.....	51
Figure II- 26 : Presses hydraulique.....	51
Figure II- 27 : Presse à double effet.....	52
Figure II- 28 : Presse à triple effet.....	53
Figure II- 29 : Presse à montant droit.....	53
Figure II- 30 : Presse à col de cygne.....	54
Figure II- 31 : Presse à colonnes.....	54
Figure II- 32 : Presse à arcade.....	55
Figure II- 33 : Presse à table mobile et bigorne.....	55

Chapitre III : Etude et conception.

Figure III-1 :La tôle sous forme de bobines.....	58
Figure III- 2: Bande avec encoches emboutis.....	59
Figure III- 3:Emplacement de la bande dans la cage à roulement.....	59
Figure III- 4:Bande avec déformation.....	60
Figure III- 5: Presse sans outil.....	63
Figure III- 6: Presse avec outil.....	63
Figure III- 8: Système de fixation 2.....	65
Figure III- 7: Système de fixation 1.....	65
Figure III- 9: Système de fixation 3.....	66
Figure III- 10: Bande tirée de l'essai 1.....	66
Figure III- 11: bandes de l'essai 3.....	67
Figure III- 12: Corps supérieur.....	67
Figure III- 13: Corps inférieur.....	68
Figure III- 14.: Porte matrice.....	68
Figure III- 15: Matrice.....	68
Figure III- 16: Guide poinçon.....	69
Figure III- 17: Plaque de choc.....	69
Figure III- 18: Porte poinçon.....	69
Figure III- 19: Poinçon.....	70
Figure III- 20: guide de la bande.....	70
Figure III- 21: Réglette.....	71
Figure III- 22: Pince.....	71
Figure III- 23: nez de fixation.....	71

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I:

Tableau I - 1 :Procédés de mise en forme.....	19
Tableau I - 2: Résistance au cisaillement RC de quelques matériaux.	23

Chapitre III

Tableau III- 1:Caractéristiques de la bande.....	58
Tableau III- 2:résistances de quelques matériaux.....	61
Tableau III- 3:Caractéristiques de la presse.	64

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

INTRODUCTION GENERALE

Le découpage de tôles est une opération courante réalisée par les entreprises de la mécanique pour produire des pièces métalliques à partir de tôles. Son but est de séparer partiellement ou complètement des zones de la tôle de façon à obtenir la forme voulue et/ou de les préparer pour d'autres opérations comme le pliage ou l'emboutissage.

Selon l'importance des séries de pièces à réaliser, plusieurs procédés peuvent être utilisés, soit à la découpe par cisaillement, soit à la déformation irréversible. tel : La carrosserie automobile(Découpage + Emboutissage), carter Machine(Découpage, Pliage, Soudage), casserole, Mobilier (Découpage, Pliage, Détourage, Soudage), Boîtes de conserves, Plaques d'habillage de portes, etc.

L'entreprise Electro-industries, EI ex ENEL, connue par sa fabrication des moteurs électriques et des transformateurs tient toujours à acheter une partie des éléments constitutifs de ses produits, à l'instar des plaques d'appuis pour les blocs à borne qui contient le circuit électrique d'un moteur, jusqu'au jour où elle a décidé d'en fabriquer. Par conséquent, elle nous a honoré de nous avoir chargé de faire une étude et conception d'un outil de découpage de la bande élastique.

La conception et la simulation numérique du procédé de mise en forme confié qui est découpage sont devenues des outils primordiaux pour concevoir et fabriquer les plaque d'appuis dans des conditions opératoires optimales et selon un critère de qualité définie, la conception et la simulation seront réalisées avec le logiciel de CAO nommé SolidWorks.

Donc pour répondre a la demande de l'entreprise, il est important de se munir des connaissances suffisantes sur tout ce qui concerne le procédés étudié, l'outillage nécessaire et la machine adaptée.

et pour cela nous avons organisé notre travail comme suit:

Après avoir donné une idée globale sur le travail ,on a d'abord parler de l'entreprise EI, et suit a ça on a entamer le chapitre I qui a son tour explique les différents procédés de mise en formes et de fabrication que la pièces (Bande élastique) subit lors de sa réalisation, qui sont successivement **le découpage**, l'emboutissage et le pliage.

Puis le chapitre II qui a été consacré à tout ce qui est machine et outillage, et classification des machines ainsi que les critères permettant de faire le bon choix.

Par suite en a entamer le chapitre III qui est devisé en deux parties, une première basée sur une série de calculs qui s'avèrent être nécessaires pour contrôler et vérifier le travail (partie étude de l'outil), et une autre qui contient les différentes mises en plan utiles pour la fabrication de l'outil (partie conception de l'outil).

Et au final, le travail ainsi fait nous a permit de tiré une conclusion générale .

PRÉSENTATION
GÉNÉRALE DE
L'ENTREPRISE

PRESENTATION GENERALE DE L'ENTREPRISE ELECTROINDUSTRIES

L'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES est issue de la réorganisation du secteur industriel opérée en Algérie entre 1980 et 2000 qui ont conduit en 1999 (en fin d'année 1998) à la restructuration de l'ancienne entreprise ENEL. L'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES est constituée d'un complexe intégré, réalisé avec des partenaires allemands (SIEMENS), qui produit et commercialise des moteurs, alternateurs, transformateurs depuis 1985 date de son démarrage sur un statut juridique SPA. Elle est la principale Entreprise Nationale dans le domaine de l'Industrie Electrotechnique. Son activité s'adresse au marché des biens d'équipements avec une production de :

- Transformateurs de distribution.
- Moteurs Electriques asynchrones.
- Alternateurs triphasés.
- Montage de groupes Electrogènes.

Le complexe occupe une surface totale de 45 hectares, dont 06 hectares bâtis.

Localisation de l'entreprise et ses coordonnées:

Le siège social de l'entreprise est : Route nationale N°12 à AZAZGA à 35 Km à l'est du chef-lieu de la wilaya de TIZI-OUZOU et à 150 Km de la capitale Alger. L'entreprise dispose de deux unités de production situées sur le même site à AZAZGA.

Adresse : BP 17 15300 Azazga Algérie.

Téléphone : (00213) 26.34.16.86 (Standard).

Fax : (00213) 26.34.14.24.

E-mail : contact.ei@electro-industries.com

Les coordonnées de l'unité moteurs & prestations (U.M.P) :

Téléphone : (00213) 26.34.51.31

Tél/Fax : (00213) 26.34.51.29

E-mail : contact.ump@electro-industries.com

Le site web de l'entreprise est : www.electro-industries.com

Présentation des unités :

• **Unité (direction) de fabrication de transformateurs de distribution :**

Capacité de production : 5.000 transformateurs par an.

Puissance des transformateurs : 50 à 2000 kVA.

Tensions usuelles en moyenne tension : 5,5-10 et 30 kV.

Tension usuelle en basse tension : 400 V.

• **Unité (direction) moteurs et prestations :**

Capacité de production de moteurs asynchrones : 50.000 de 0,25 à 400 kW.

Capacité de production de moteurs monophasés : 20.000 de 1.1 KW à 2.2 kW.

Capacité de production d'alternateurs : 2.000 de 17,5 à 200 kVA.

Montage de groupes électrogènes : de 17,5 à 200 kVA.



Figure 1 : Organigramme de l'entreprise.

Prestations techniques :

Cette entreprise met à la disposition des entreprises utilisatrices une large gamme de prestations techniques telles que la réalisation de pièces et accessoires par injection aluminium, l'usinage, les analyses physiques et chimiques, le traitement thermique. Elle offre aussi d'autres prestations qu'on peut citer comme suite :

- ❖ Travaux d'usinage de précision (tournage, fraisage, rectification).
- ❖ Fabrication d'outils et de gabarits.
- ❖ Traitements thermiques (trempe, cémentation).
- ❖ Affûtage d'outils conventionnels (fraises, forêts, ...).
- ❖ La fabrication des outils de découpage, d'usinage, de moulage sous pression.
- ❖ Les analyses physico-chimiques des matériaux (minérale et organique) tels que le cuivre, les aciers, l'aluminium, les isolants liquides, solides, peintures, huiles.
- ❖ La vérification et l'étalonnage des appareils et instruments de mesure mécanique et électrique (Métrologie dimensionnelle et électrique).

Qualité des produits :

Les produits fabriqués par l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES sont conformes aux normes :

*CEI 34 et VDE 0530 pour les moteurs électriques.

*CEI 76 et VDE 0532 pour les transformateurs.

Chiffre d'affaires

Le chiffre d'affaires réalisé en 2012 est estimé de 3,200 Million de dinars algérien.

L'unité a un capital de 369.850.000 DA et emploie un effectif de 900 travailleurs.

CHAPITRE I

! /
PROCÉDÉS DE MISE

EN FORME

I-1:Introduction :

L'objectif premier de la mise en forme des métaux est de conférer à une pièce métallique des dimensions situées dans une fourchette de tolérance donnée. Les principaux procédés de mise en forme des métaux sont apparus progressivement, donnant naissance par la suite à diverses variantes, parfois très nombreuses. Les formes modernes des divers procédés sont le plus souvent apparues récemment pour assurer la production en grande série de pièces à faible coût. Parmi ces procédés, nous citerons : le découpage, le poinçonnage et le pliage.

Matière de base	Sollicitation	Procédé	Série	Exemples
Solide	Pression direct	Forage	Pièces unitaires ou petite séries	Pièces de décoration meubles...
		Laminage		Rails de trains, poutrelles, toles...
		Estampage	Grandes séries	Vilbrequins,leviers, bielles...
Feuille (Tôle)	Cisaillement	Cisaillage		Tolerie
		Poinçonnage et découpage		Tôle perforée
	Flexion	Pliage		Tôlerie
		Roulage et cintrage		Boites de tomates, virole...
	Traction	Emboutissage	Grandes séries	Automobiles, électroménagers (casserole)
	Haute énergie	Formage par explosion	Pièces unitaires ou petites séries	Fond des grandes citerne
		Formage par électrohydraulique		
Formage par électromagnétique		Grandes séries		
Poudre	Pression+ haute température	Frittage	Grandes séries	Plaquettes de coupe en carbure, plaquettes de frein

Tableau I - 1 :Procédés de mise en forme.

I-2: Le découpage :

I-2-1: Définition du découpage :

Le découpage de tôles est une opération courante réalisée par les entreprises de la mécanique pour produire des pièces métalliques à partir de tôles. Son but est de séparer partiellement ou complètement des zones de la tôle de façon à obtenir la forme voulue et/ou de les préparer pour d'autres opérations comme le pliage ou l'emboutissage[6].

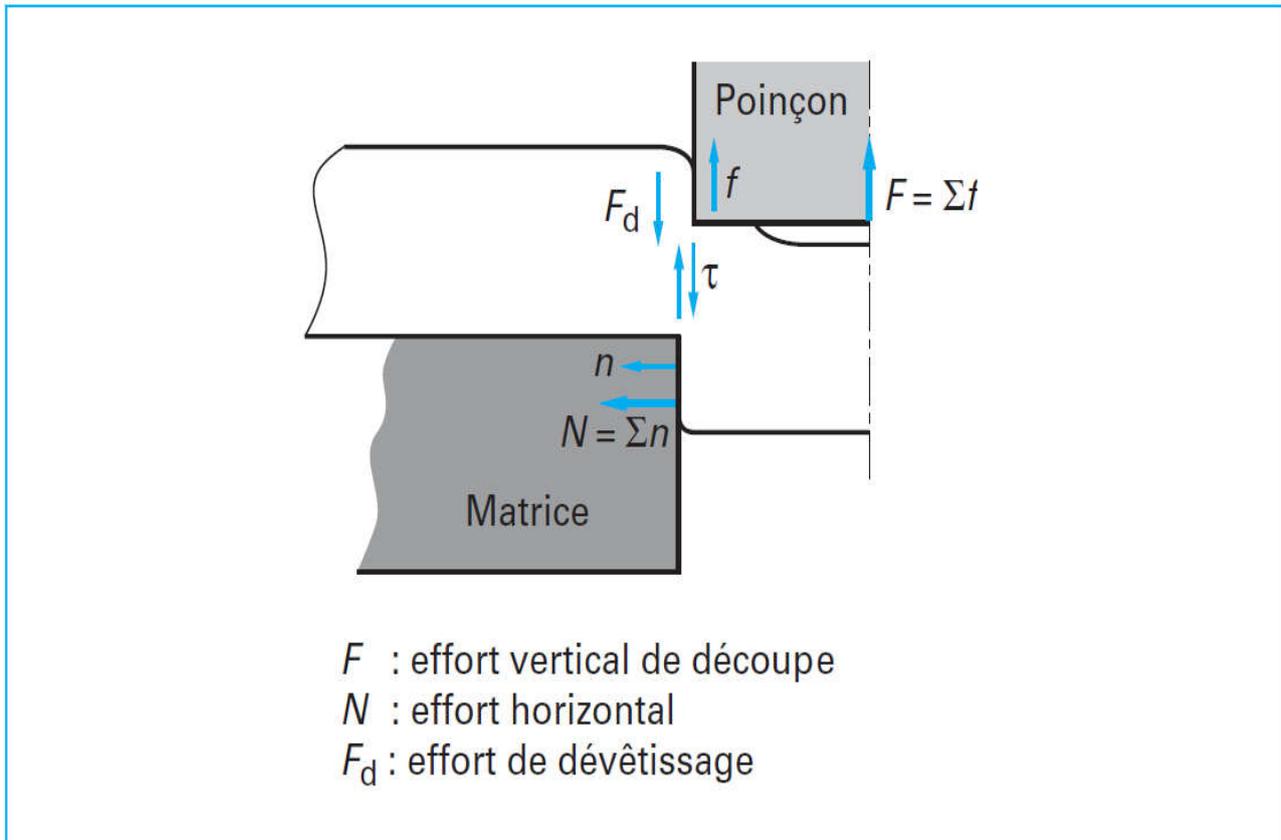


Figure I- 1:Schéma de découpage.

I-2-2: Principe :

Il consiste à détacher un contour donné d'un produit plat (une tôle). L'opération s'effectue sur une presse qui porte un outil dont les parties travaillantes sont les poinçons et les matrices qui permettent de cisailer la tôle sur sa profondeur en donnant la forme de la pièce désirée[6].

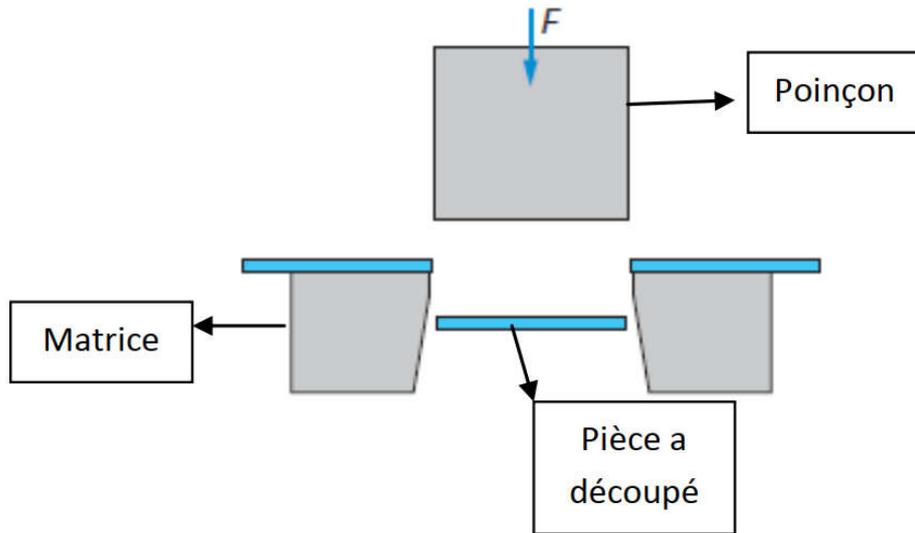


Figure I- 2:Principe de découpage.

I-2-3: Aspect d'une coupe :

L'aspect d'une coupe est amélioré par le jeu entre les deux lames, et le profil de la surface à cisailier, le jeu entre la lame mobile et le serre-flan est donné par :

$$\text{Jeu} \leq 0.15.e$$

$$\text{Jeu} = 0.03.e \text{ pour les aciers doux}$$

Un effort F_1 est appliqué par le serre-flan pour empêcher toutes déformations et décalage de la tôle. L'angle d'affutage de la lame θ varie entre 50° et 90° selon la dureté du métal, et β l'angle de rupture, c'est une constante pour un métal donné. Pour les aciers durs $\beta = 4^\circ$ et pour les aciers doux $\beta = 6^\circ$ [1].

I-2-4: Angles des lames et effets de coupe :

► L'angle tranchant :

C'est l'angle qui permet d'avoir l'arête tranchante des lames, varie entre 80° et 90° selon le type de cisaille[1].

► Effet de coupe :

F_1 : La force obtenue par une butée qui tend à éliminer le couple qui soulève la pièce dans le sens opposé de cette dernière.

Quand la force F_2 , et le jeu sont inexistant, le cisailage tend à rejeter la pièce sur les côtes, c'est pour quoi une butée est aussi nécessaire pour palier à cet effort[1].

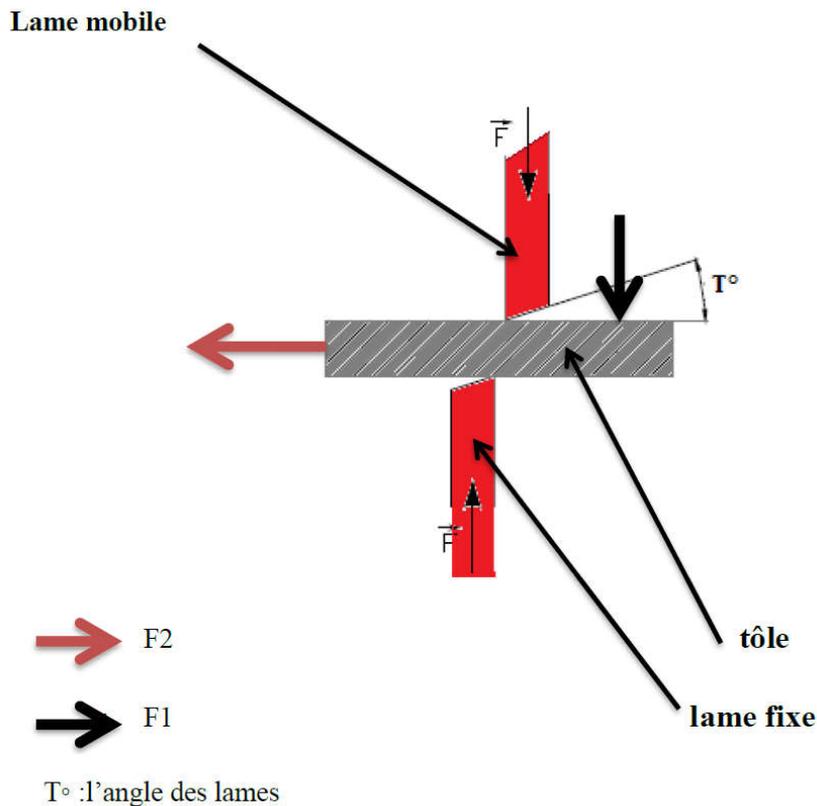


Figure I- 3: Les effets de coupe.

I-2-5: Jeu de découpage :

Parmi les paramètres importants de l'opération de découpage, le jeu occupe une place majeure. Bien qu'il est défini habituellement comme étant l'écart entre les arêtes de coupe du poinçon et de la matrice, mais il influe sur les bords de la pièce obtenue (bavure).

Pour un découpage, le jeu est à prendre sur le poinçon. Pour le poinçonnage, le jeu est à prendre sur la matrice[8].

Le jeu varie selon la nature et l'épaisseur du matériau à découper :

- $1/20 \times e$ pour laiton et acier doux,
- $1/15 \times e$ pour acier dur,
- $1/10 \times e$ pour l'aluminium.

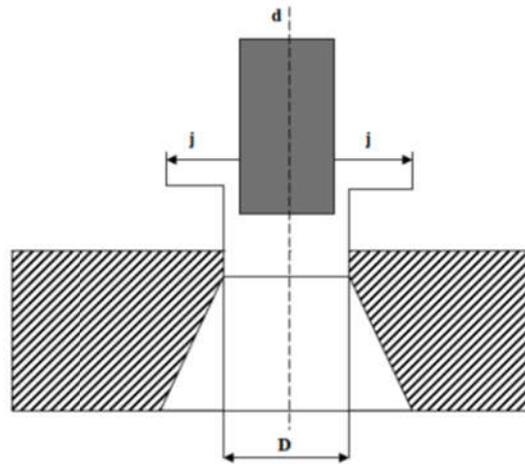


Figure I- 4: Jeu de découpage.

I-2-6: Efforts de découpage et effort d'extraction :

I-2-6-1: Effort de découpage :

C'est l'effort nécessaire au découpage d'une pièce donnée, il est égal au produit du périmètre P de la pièce par son épaisseur e et par la résistance R_c à la rupture au cisaillement du métal à découper[8].

$$F = P \times e \times R_c$$

Avec :

P : le périmètre de la surface à découpé en mm ;

e : épaisseur de la surface à découpé en mm;

R_c : résistance au cisaillement de la tôle à découpé (daN/mm²).

Matériaux	R_c (daN /mm ²)
Acier dur	70
Acier inoxydable	55
Acier doux	40
Aluminium	10

Tableau I - 2: Résistance au cisaillement R_c de quelques matériaux.

I-2-6-2: Effort d'extraction :

C'est l'effort nécessaire pour dégagé le poinçon de la zone de découpage, il varie de 2 à 7 % de celui de découpage selon la bande entourant le poinçon soit[7] :

- 7 % de l'effort de découpage en pleine tôle.
- 2 % si la chute de découpage est faible.

I-2-7: Vitesse de découpage :

Dans le travail des tôles sur presse, on parle plus volontiers de cadence que de vitesse. Or, si la cadence est le paramètre que l'on règle sur la presse, c'est implicitement la vitesse d'impact du poinçon de découpage sur la tôle que l'on va changer.

Cette vitesse n'est pas seulement dépendante de la cadence de la presse, mais également des réglages de la course et de la distance de travail par rapport au point mort bas.

La vitesse s'exprime habituellement en millimètre par seconde (mm/s) et correspond à la vitesse de pénétration du poinçon dans la tôle. Les vitesses typiques, dans le découpage traditionnel, varient entre 40 et 400 mm/s[7].

I-2-8: Différents types de découpage : [3]

a/ Encochage

Il consiste à découper une zone partielle de métal sur le bord d'un flan ou d'une bande.

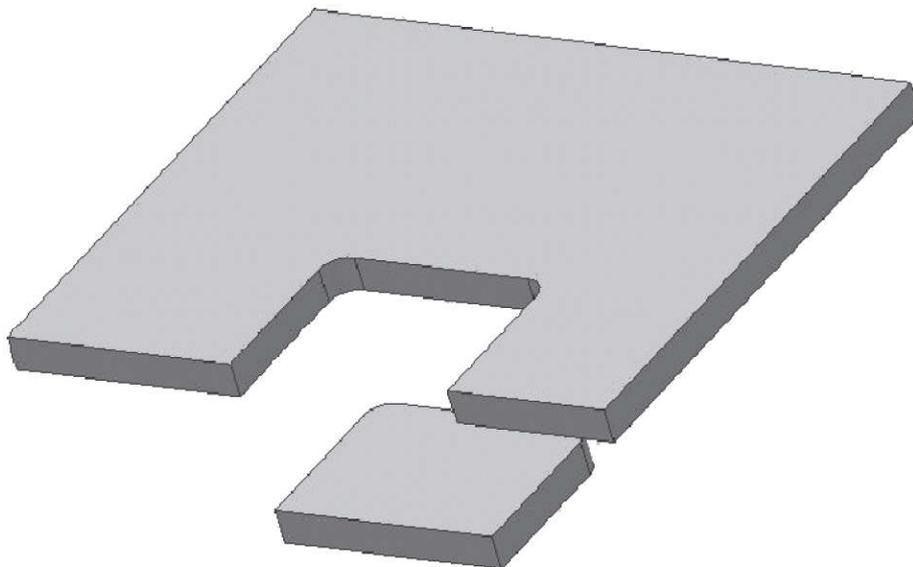


Figure I- 5: Encochage.

b/ Crevage

C'est un découpage partiel, suivant une ligne non fermée sans enlèvement de matière. Généralement il est fait sur des tôles épaisses.

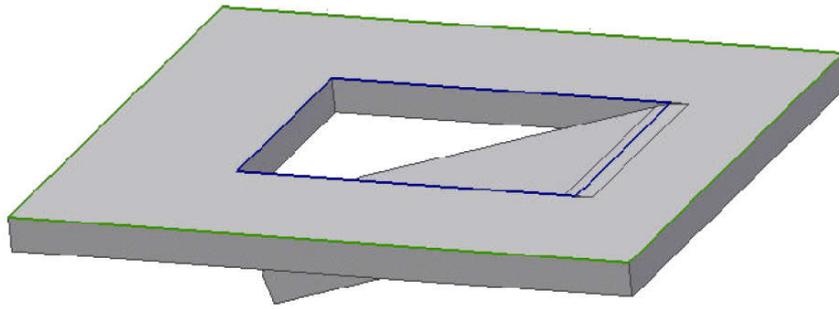


Figure I- 6: Crevage.

c/ Ajourage

L'ajourage est une technique de découpage qui consiste à réaliser des trous de grand diamètre et des formes dans la bande ou dans un flan avant d'engager d'autres opérations de pliage ou d'emboutissage.

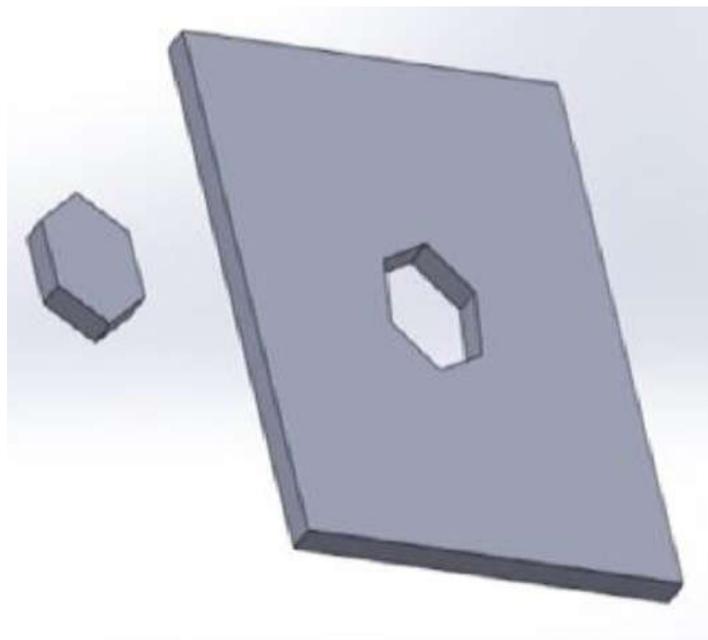


Figure I- 7: Ajourage

d/ Détourage

C'est une opération de découpage consistant à supprimer les surfaces excédentaires autour d'une pièce préalablement formée pour obtenir la pièce finale.

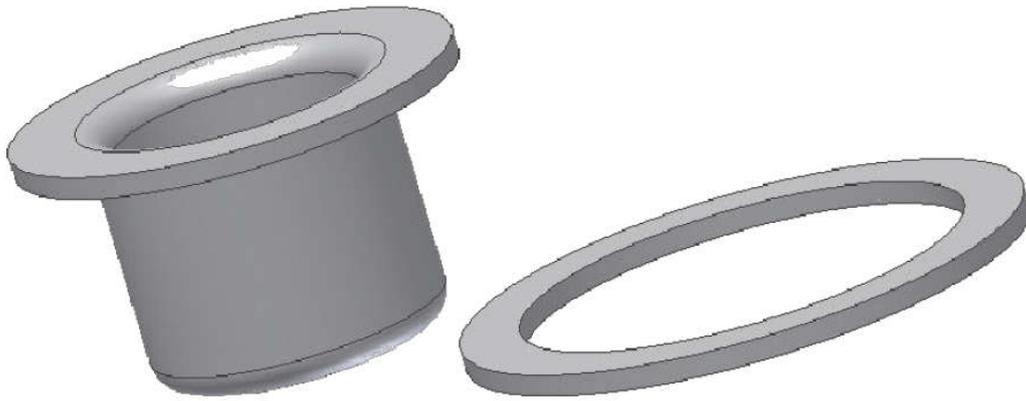


Figure I- 8: Détourage.

e/ Soyage

Consiste à former un collet (relevage des bords d'un trou) soit par un perçage de la tôle par un poinçon de forme pointue, soit par un profil déjà formé.

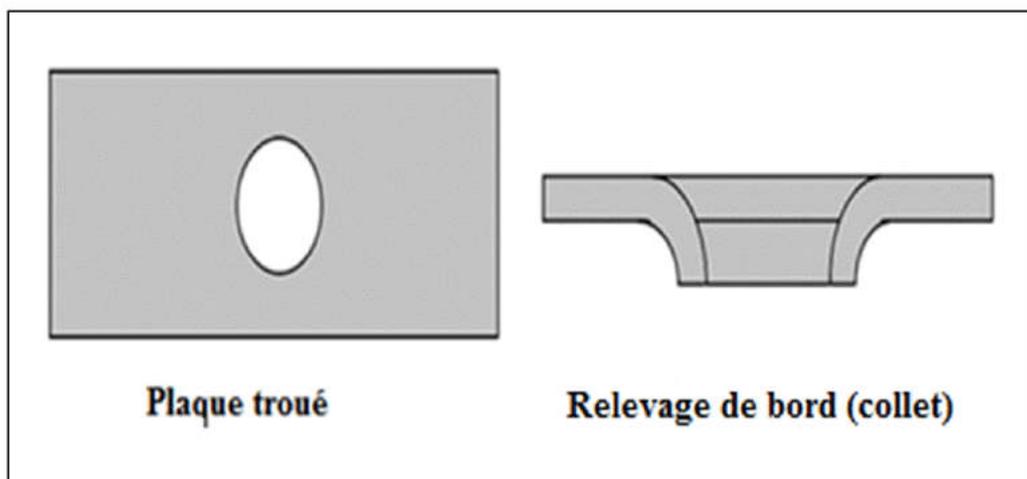


Figure I- 9: Soyage.

f/ Grignotage

Le grignotage s'applique généralement sur les tôles minces. Il s'agit d'une méthode de découpage par enlèvement de petites quantités de matière, suivant une saignée dont la largeur est égale à celle du poinçon. La découpe se fait suivant un tracé précis.

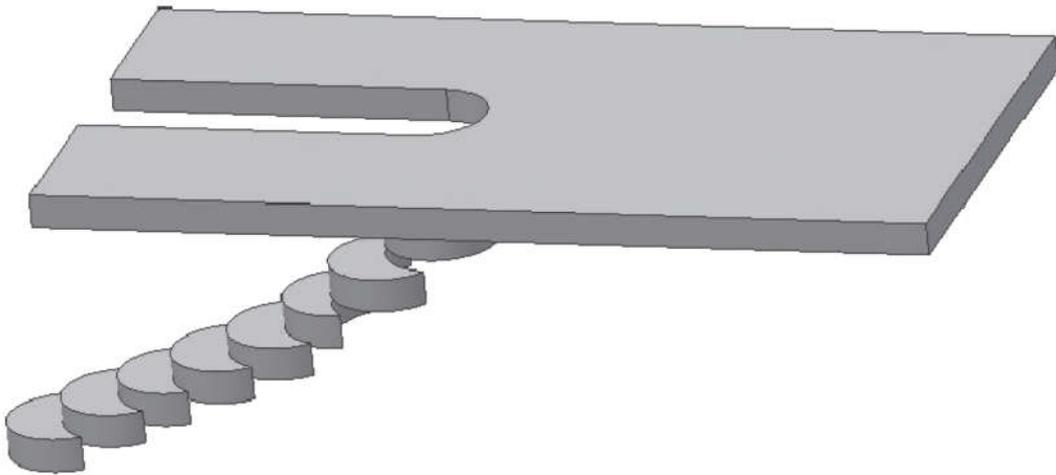


Figure I- 10: Grignotage.

g/ Cisailage

Le cisailage est une technique de découpage sans création de déchet. Il consiste à séparer un flan suivant un contour non fermé qui affecte toute la largeur de la bande.

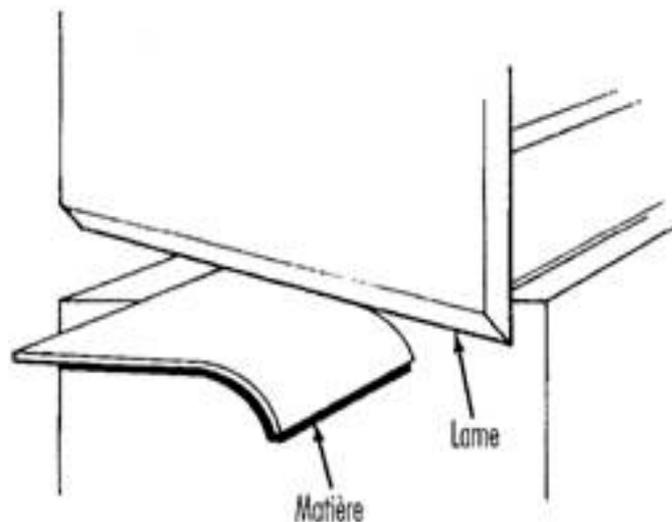


Figure I- 11: Cisailage.

I-3: L'emboutissage :

I-3-1: Définition de l'emboutissage :

L'emboutissage est un procédé de formage par déformation plastique des métaux, cette déformation consiste en un allongement ou un rétrécissement local de la tôle, cette technique de fabrication transforme une feuille de tôle mince appelée **flan** en une pièce de forme bien déterminée à l'aide d'un outillage simple (Un poinçon, une matrice et un serre flan) et avec une application d'une pression maîtrisée.

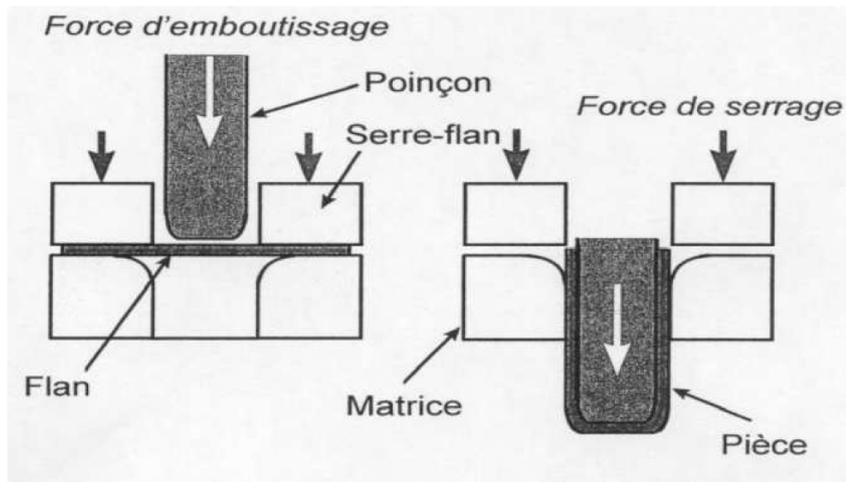


Figure I- 12: L'emboutissage.

I-3-2: Principe de l'emboutissage :

Le principe est basé sur la déformation plastique du matériau. L'emboutissage passe par les phases suivantes :

- Phase 1 : Poinçon et serre flan sont relevés. La tôle, préalablement graissée, est posée sur la matrice.
- Phase 2 : Le serre-flan est descendu et vient appliquer une pression bien déterminée, afin de maintenir la tôle tout en lui permettant de fluer.

Phase 3 : Le poinçon descend et déforme la tôle de façon plastique, en l'appliquant contre le fond de la matrice. La tôle étant maintenue avec glissement possible entre le serre fan et la matrice, le poinçon est abaissé et vient plaquer la tôle, en la déformant, contre le fond de la matrice.

Phase 4 : Le poinçon et le serre flan se relèvent : la pièce conserve la forme acquise (limite d'élasticité dépassée). La pièce formée reste au fond de la matrice. Il reste jusqu'à l'éjection et son détourage.

Phase 5 : On procède au détourage de la pièce, c'est-à-dire à l'élimination des parties devenues inutiles. (Essentiellement les parties saisies par le serre-flan).

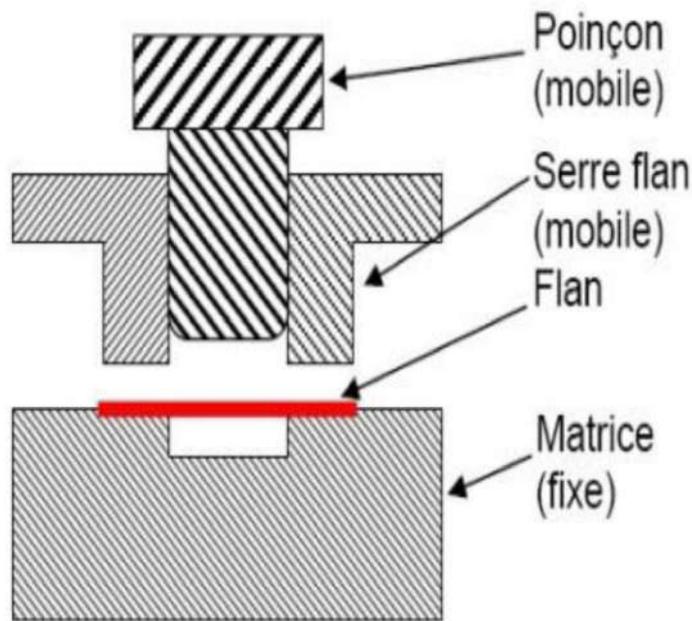


Figure I- 13: Principe de l’emboutissage .

I-3-3: Types d’emboutissage :

On distingue deux types, l’emboutissage à chaud et l’emboutissage à froid[8].

I-3-3-1: Emboutissage à froid

Il est réalisé sur des presses mécaniques. L’emboutissage à froid impose, les emboutis peu profonds ou ne nécessitant pas d’importants efforts de serrage, sont exécutés sur des presses double effet. Le serre-flan applique la tôle sur la matrice pendant toute la durée du travail du poinçon, l’opération terminée, la pièce est dégagée soit à l’aide de l’éjecteur, soit au travers de la matrice.

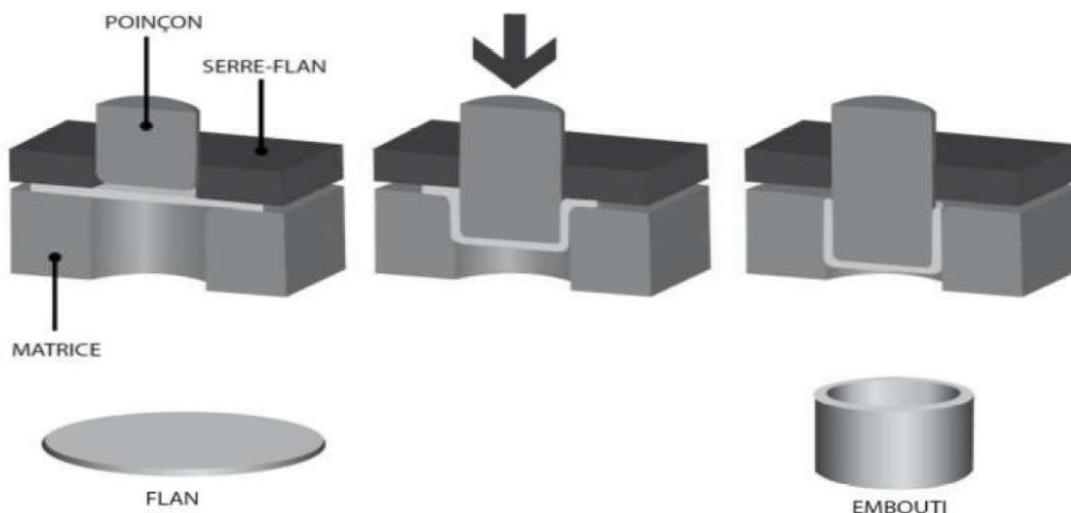


Figure I- 14: L’emboutissage à froid.

I-3-3-2: Emboutissage à chaud

Il est réalisé exclusivement sur presses hydrauliques. Il est réservé aux matériaux peu ductiles, aux emboutissages profonds, et aux tôles de forte épaisseur nécessitant de grands efforts (épaisseur supérieure à 7 mm pour l'acier). Les cadences de production sont inférieures et les aspects de surface sont moins bons, vis-à-vis de l'emboutissage à froid.

- magnésium : entre 200 et 350 C

- titane : entre 300 et 500 C

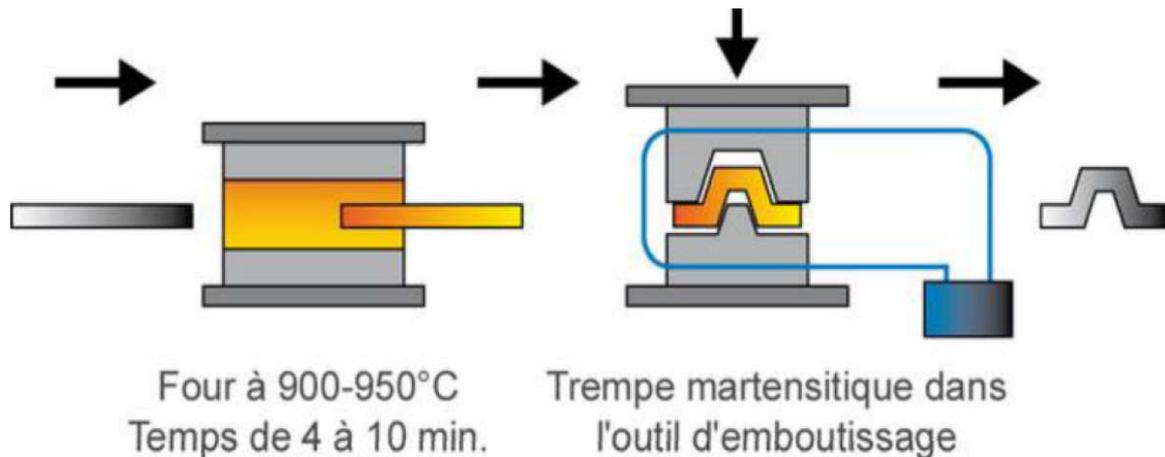


Figure I- 15 :L'emboutissage à chaud.

I-4: Le pliage :**I-4-1: Définition de pliage :**

Le pliage est une opération de mise en forme à froid de tôles planes. Cette opération est réalisée suivant deux étapes : la conformation puis le retrait des outils. La conformation est utilisée pour atteindre des déformations irréversibles en vue de donner à la pièce les spécificités attendues.

C'est une déformation obtenue grâce à une force appliquée sur la longueur de la pièce. Celle-ci sera en appui sur deux lignes d'appuis et s'apparente à la flexion. Il faudra dépasser la limite élastique pour obtenir l'angle voulu[1].

I-4-2: Les différents modes de pliage :

Suivant la géométrie des poinçons et matrices, trois types de pliage sont distingués : en V, en U et en L[1].

I-4-2-1: Le pliage en V :

Dans le cas du pliage en V, le serre-flan est inutile. La variation de l'angle du V du poinçon et de la matrice entraîne la variation de l'angle de formage de la tôle. Selon la course imposée au poinçon, le pliage est en l'air ou en frappe.

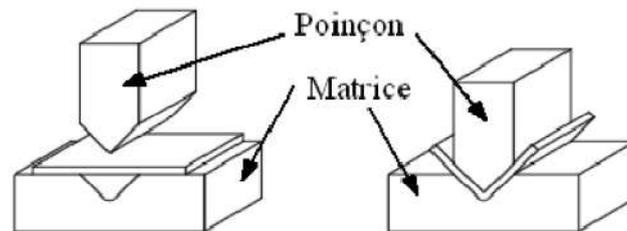


Figure I- 16: Pliage en V.

I-4-2-2: Le pliage en U :

Le pliage en U comprend un serre-flan mobile qui bloque la matière sous le poinçon et évite donc les glissements de la tôle lors de la mise en forme entre les deux blocs matrices.

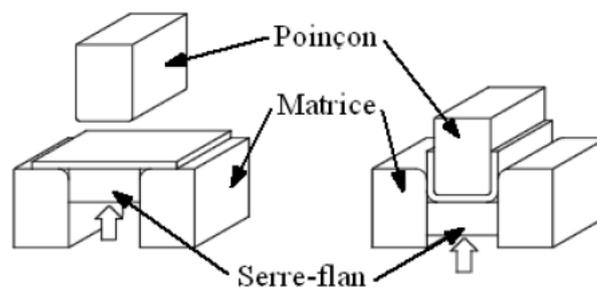


Figure I- 17: Pliage en U.

I-4-2-3: Le pliage en L :

Le pliage en L ou en tombé de bord consiste à plier un flan en porte-à-faux à 90° maintenu entre la matrice et le serre-flan.

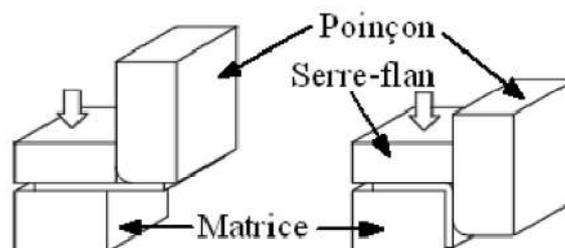


Figure I- 18 : Pliage en L.

I-4-3: Paramètres influents sur l'opération de pliage

On distingue deux paramètres principaux à définir pour obtenir une pièce finie.

I-4-3-1: Le rayon de la matrice de pliage

Afin d'éviter le découpage ou l'étirage de la pièce à plier, le rayon de la matrice doit être supérieur à deux fois l'épaisseur de la tôle.

$$r \geq 2e$$

I-4-3-2: Le jeu de pliage

Lors de la conception de l'outil de pliage, il faut prévoir un jeu de pliage entre l'arrête verticale extérieure du poinçon et l'arrête intérieure de la matrice. Le jeu doit être égal à l'épaisseur de la tôle plus une tolérance maximale.

$$J \geq e + \text{tolérance max}$$

I-4-3-3: Le retour élastique

Lors du pliage d'une pièce à un angle imposé par l'outillage (angle du vé), il y a un retour élastique lors du retrait du poinçon. L'angle final α_f obtenu diffère de celui imposé par l'outillage α_i de la valeur correspondant à ce retour élastique. Plus la limite élastique de l'alliage est grande plus le retour élastique sera grand. On peut vouloir estimer ce retour élastique qui dépend aussi du Rayon de pliage et de l'épaisseur de la tôle.

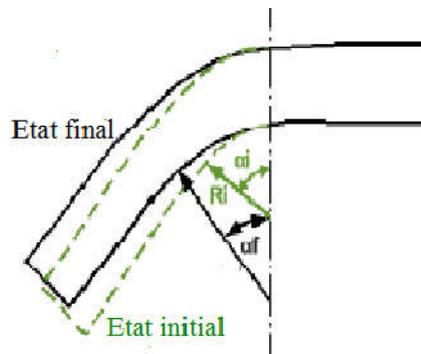


Figure I- 19 : Le retour élastique.

I-4-4: Effort de pliage

On pratique, on admet que l'effort nécessaire pour former un pli est égal au dixième de l'effort nécessaire pour cisailier la section de la tôle à cet endroit.

$$F = e \cdot L \cdot R_c / 10$$

e : l'épaisseur de la tôle.

L : la longueur de la ligne de cambrage.

R_c : Résistance de la tôle au cisaillement (daN /mm²).

I-5: Conclusion

Les techniques de mise en forme des matériaux : découpage, emboutissage et pliage ont pour objectif de donner une forme déterminée au matériau tout en lui imposant une certaine microstructure, afin d'obtenir un objet ayant les propriétés souhaitées. C'est un travail qui nécessite de maîtriser parfaitement certains paramètres expérimentaux tels que : la composition du matériau et ses différentes caractéristiques mécaniques. Le découpage traditionnel réalisé sur presse est une opération importante dans la mise en forme des tôles. Effectuée seule ou accompagnant une opération de formage comme l'emboutissage et le pliage, elle influence fortement la qualité des pièces fabriquées.

L'emboutissage est un procédé de fabrication très utilisé dans l'industrie automobile et dans l'électroménager.

Ce chapitre nous a permis de voir les différents procédés de mise en forme des pièces mécaniques effectués sur presses.

Les modes de pliage effectués sur presses, et aussi la présentation de l'outillage en particulier la matrice et les différents paramètres qui l'influent comme son rayon et le jeu entre poinçon et matrice, et enfin les différents calculs qui rentrent comme l'effort de pliage et le calcul de développement de la pièce pliée et aussi la prévention du retour élastique.

CHAPITRE II

LA MACHINE

UTILISÉE

II-1: Introduction :

Dans l'industrie, plus généralement en fabrication mécanique, les transformations de métaux en feuilles citées dans le chapitre précédent, passent par plusieurs étapes, et cela nécessite des machines spéciales, comme dans le cas de l'emboutissage, poinçonnage, ... etc.

Ces machines sont appelées « Presses » constituées d'un ensemble d'organes mécaniques conçus pour réaliser différents travaux par déformations plastiques, sur des métaux en feuilles (tôles).

La presse est composée essentiellement de deux plateaux susceptibles de se rapprocher par commande mécanique ou hydraulique, pour comprimer, ce qui est placé entre eux. Il s'agit d'une machine qui permet de changer la forme d'une pièce, en lui appliquant une pression.

II-2: Les presses :

✓ Définitions :

Une presse est une machine constituée d'un ensemble d'organes mécaniques conçus pour la réalisation des différents travaux industriels, tel que le découpage, l'emboutissage, l'estampage, le gaufrage ou le forgeage des métaux, elle est constituée de deux parties qui sont :

-la partie fixe ou le porte matrice.

-la partie mobile qui porte le poinçon.

II-3: Les outils de presse:

L'outil de presse est l'un des équipements essentiels d'une presse, il s'agit d'une construction mécanique de précision, supposée indéformable. En général, il est composé d'une partie mobile supérieure bridée sur le coulisseau, et, d'une partie inférieure fixe bridée sur la table de la presse. Cet ensemble, parfaitement guidé, permet de travailler la tôle par des opérations successives de découpage, pliage, cambrage, emboutissage..., de façon à obtenir la pièce désirée[5].

II-3-1: Eléments principaux d'un outil de presse:

Les principaux éléments d'un outil de presse qui le caractérisent sont composés, de deux (02) blocs essentiels : le bloc mobile a qui le poinçon est attaché d'où son appellation par "porte poinçon", et le bloc fixe qui porte la matrice. (**figure II-1**).

❖ Le poinçon:

Le poinçon est un outil de presse qui permet de laisser une empreinte sur un flan, selon sa forme géométrique. Cette empreinte prise sur le flan est due à la géométrie du poinçon. La vérification du poinçon à la compression, et, au flambement est nécessaire, pour déterminer la longueur idéale pour que le poinçon puisse résister aux efforts de coupe.

❖ La matrice:

La matrice est la partie inférieure de l'outil, il s'agit de la partie creuse, support de l'empreinte du poinçon. Cette empreinte représente la forme à créer, réalisée à partir d'un matériau robuste, qui résiste aux chocs, pour éviter toute déformation. À son axe, la matrice comporte un trou aux formes et dimensions du poinçon, auquel on ajoute un jeu de quelques dixièmes de millimètres. La matrice est dépendante du poinçon, elle sert d'appui à la tôle, et, elle réduit les déformations dues au cisailage.

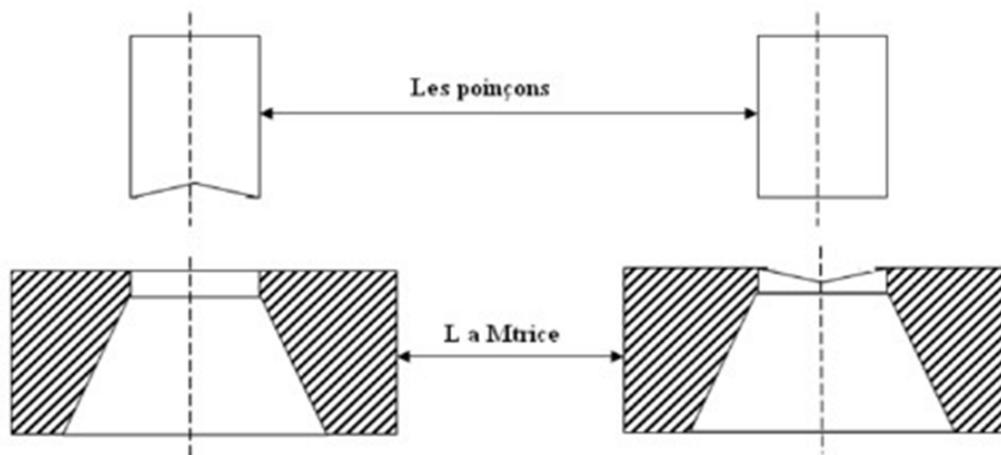


Figure II- 1: L'ensemble matrice et poinçon

❖ La dépouille:

C'est un dégagement qui se trouve au dessous de la partie active de la matrice, elle est de dimension légèrement plus grande que celle de la partie active. Elle permet d'éviter l'entassement des chutes dans la matrice donc de réduire l'effort de poussée .

pour les matrices trempées, on laisse (4 à 5 mm)de la partie cylindrique pour permettre l'affutage . la d'dépouille fait un angle de (2 à 3°)par rapport a la verticale .

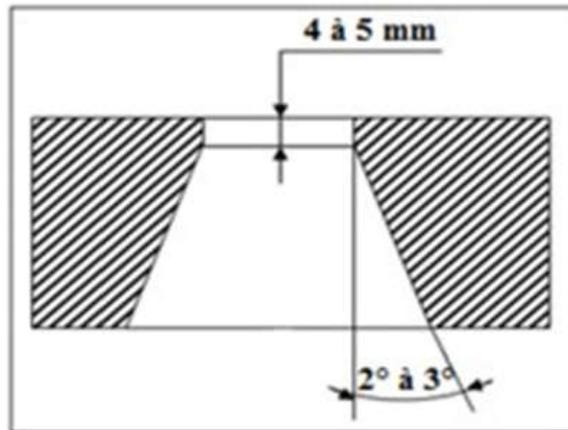


Figure II- 2: Schématisation d'une dépouille.

❖ L'affûtage:

Lorsque les arêtes coupantes d'un outil s'arrondissent et forment des rayons, à l'aide d'une rectifieuse, on affûte les surfaces usées de la matrice et du poinçon par une rectification plane. On élimine ainsi, les rayons formés sur les arêtes coupantes de l'outil, dans le but d'avoir des arêtes vives[5].

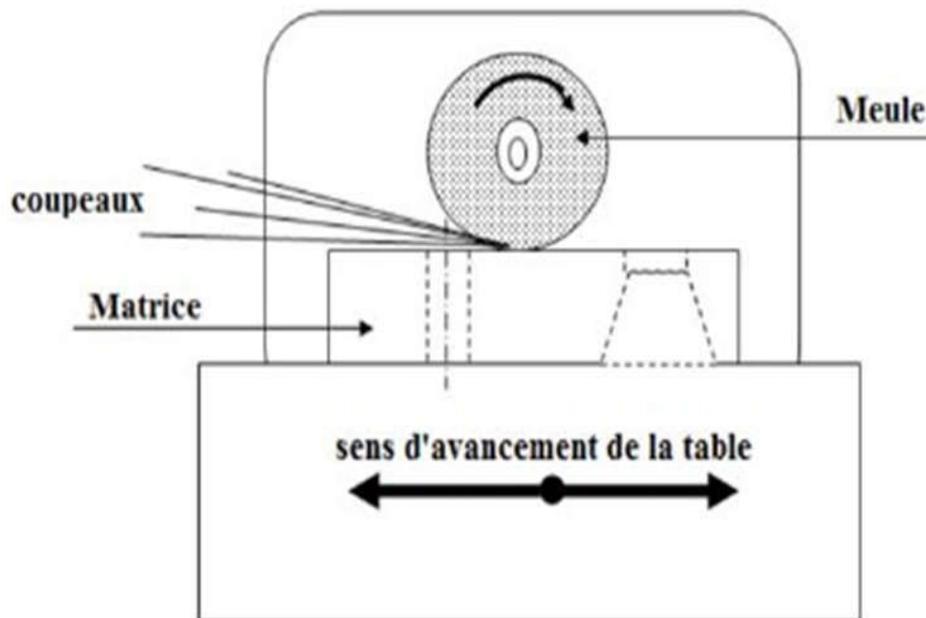


Figure II- 3: Principe de l'affûtage

II-3-2: Différents types d'outils de presse:

II-3-2-1: Outil à découvert: on distingue deux types:

➤ outil à découvert simple:

L'outil à découvert simple, simplement constitué, d'un seul poinçon et d'une seule matrice. Il est conçu pour des travaux à petites unités, ainsi, il décrit bien le principe de découpage, mais ne peut - être employé dans les travaux de série, à cause de la remontée, de la bande de tôle avec le poinçon.(**figure II.4**).

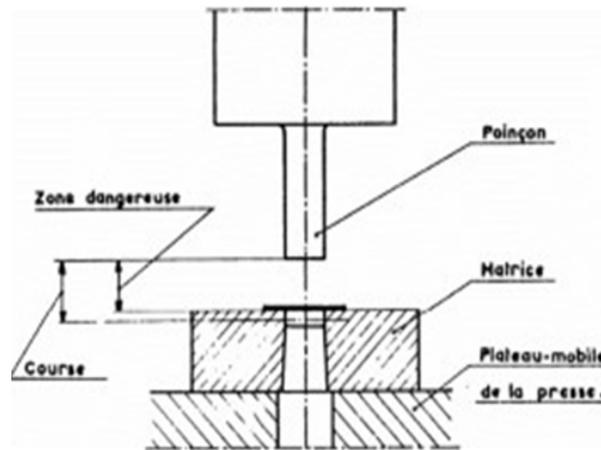


Figure II- 4 :Outil à découvert simple

➤ Outil à découvert à butées:

L'outil à découvert simple, simplement constitué, d'un seul poinçon et d'une seule matrice. Il est conçu pour des travaux à petites unités, ainsi, il décrit bien le principe de découpage, mais ne peut - être employé dans les travaux de série, à cause de la remontée, de la bande de tôle avec le poinçon.

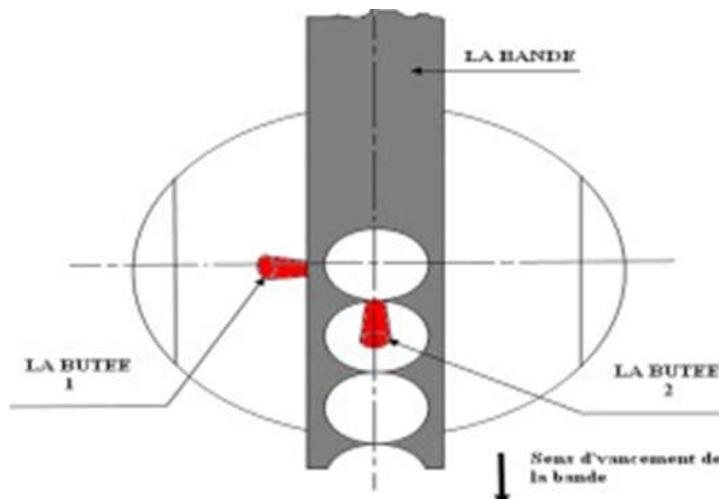


Figure II- 5: Outil à découvert à butées .

II-3-2-2: Outil Suisse:

L'outil suisse est utilisé essentiellement, pour réaliser des pièces plates de précision, de faible ou de forte épaisseur. La particularité de cet outil est que plusieurs opérations de découpage sont réalisées, sur le même coup de presse, et sur le même poste, sans nécessiter l'avance de la bande, comme pour l'outil, à suivre. Dans ce cas, un coup de presse sur le même poste permet la réalisation de l'ensemble de la pièce.

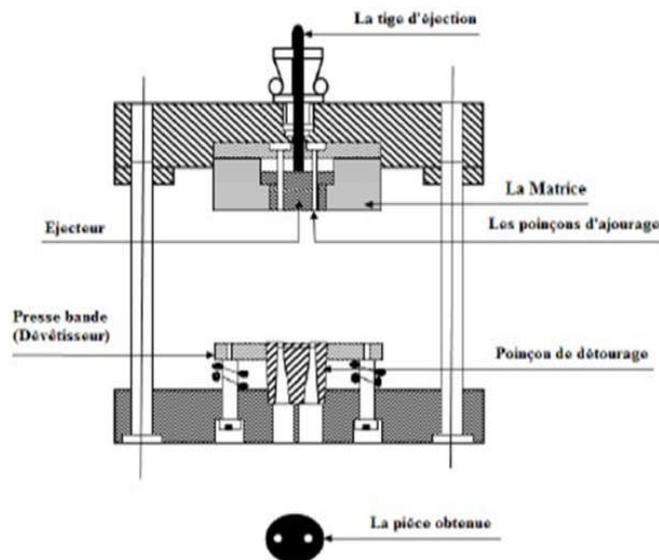


Figure II- 6: Schématisation d'un outil suisse.

II-3-2-3: Outil à Contre-plaque: [5]

Il existe deux types d'outils contre plaque:

➤ Outil à Contre-plaque à Engrenages:

Employé parfois sur des outils à suivre, le système d'engrenage a pour rôle, de faire avancer le flan par l'intermédiaire d'un engrenage, dont celui-ci tourne en frottant sur la surface du flan, l'entraîne, et, le fait avancer suivant, sa longueur. À Chaque coup de la presse, la bande est déplacée et accrochée à l'engrenage par l'ajout précédent.

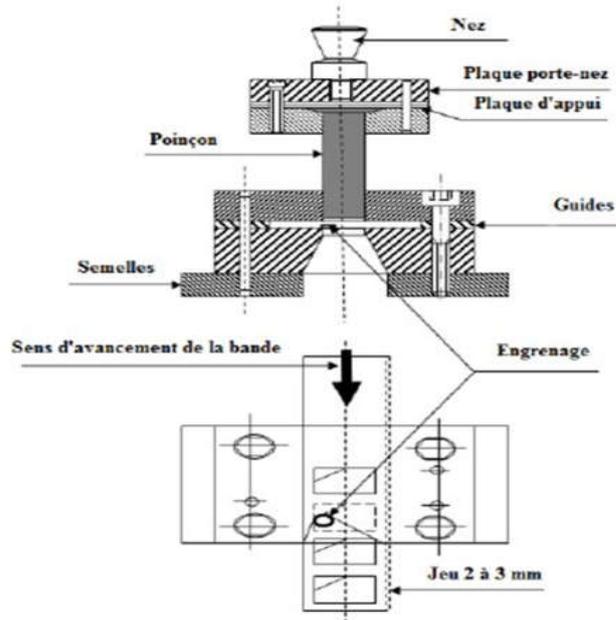


Figure II- 7 :Outil à contre plaque à engrenage.

➤ Outil à Contre-plaque à Couteau:

Dans ce cas, l'engrenage est supprimé. Par l'intermédiaire d'un poinçon de pas dit « Couteau », ce dernier a pour rôle, d'assurer l'avance du flan. La longueur du pas est égale à la longueur du couteau, ainsi le déplacement du flan est donné, entre deux (02) coups successifs, de la presse. La bande est translattée et bute sur un guide appelé « Butée », le couteau se détache de la bande, il suffit ensuite de déplacer la bande jusqu'à la butée contre le guide, pour avoir un pas plus précis.(**Figure II.8**).

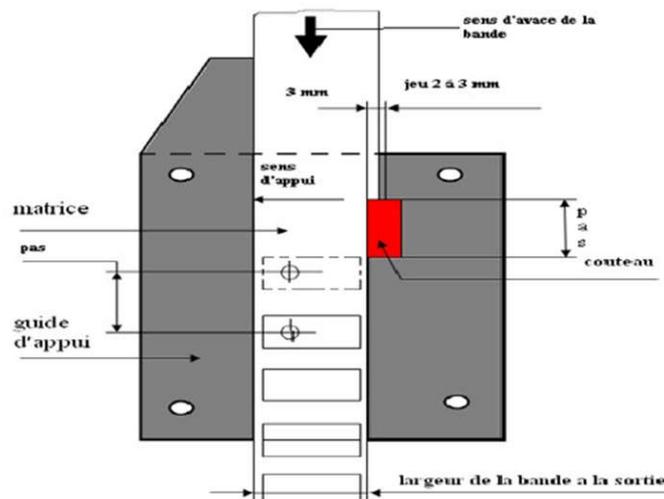


Figure II- 8: Outil à Contre-plaque à Couteau.

II-3-2-4: Outil à Presse à Bande:

C'est un outil qui possède des colonnes. En remplaçant la contre-plaque par un serre-flan ou presse-bande (dévêtisseur), afin de maintenir la bande de tôle, lors des opérations de (découpage, emboutissage,...etc.), et d'éviter ainsi, toute déformation, de la bande et d'assurer la qualité du produit.

Le guidage de l'outil à presse-bande joue un rôle important, en guidant le poinçon et la matrice dans le même centre d'inertie, cela est assuré par des paires de colonnes de guidage, selon les dimensions de l'outil[5]..

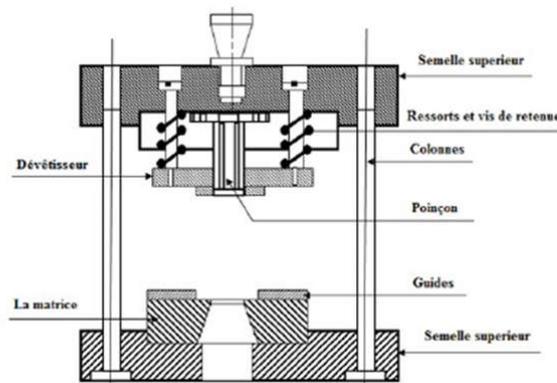


Figure II- 9: Outil à Presse à Bande.

II-3-2-5:Outils de Reprise:

L'outil de reprise fait partie d'un ensemble de plusieurs outils, chacun d'eux, réalise une ébauche de mise en forme de la pièce, à fabriquer. Ces ébauches se succédant une à une, permettent d'obtenir, la pièce finale. On distingue souvent ces outils par les opérations principales réalisées : découpage, cambrage ou pliage, emboutissage, détourage[5]..

II-3-2-6: Outils de Détourage:

L'outil de détourage a pour rôle, le détourage des pièces obtenues après emboutissage, en enlevant la matière excédentaire (collerettes ou bords irréguliers).

Pour cela, on distingue trois (03) types d'outils de détourage :

✓ Détourage Normal:

Dans le détourage normal, le centreur est reporté, dont le but est de permettre l'affûtage du poinçon par rectification plane, après le démontage.

La pièce est dégagée de la matrice par un éjecteur, avec un effort d'éjection qui s'exerce sur la partie résistante à l'évacuation.

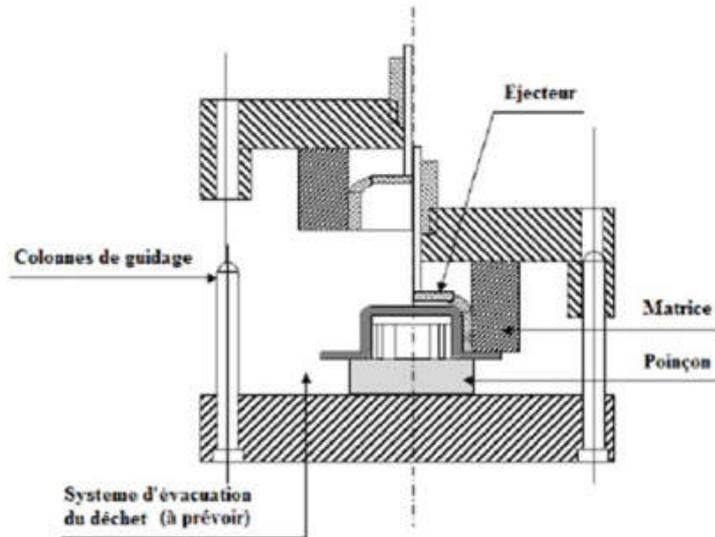


Figure II- 10 : Outil de détourage Normal.

✓ Détourage à Ras:

Il est nécessaire d'effectuer une passe de calibrage avant le détourage, afin d'obtenir un rayon minimal à l'endroit de la coupe. (Figure 11) .

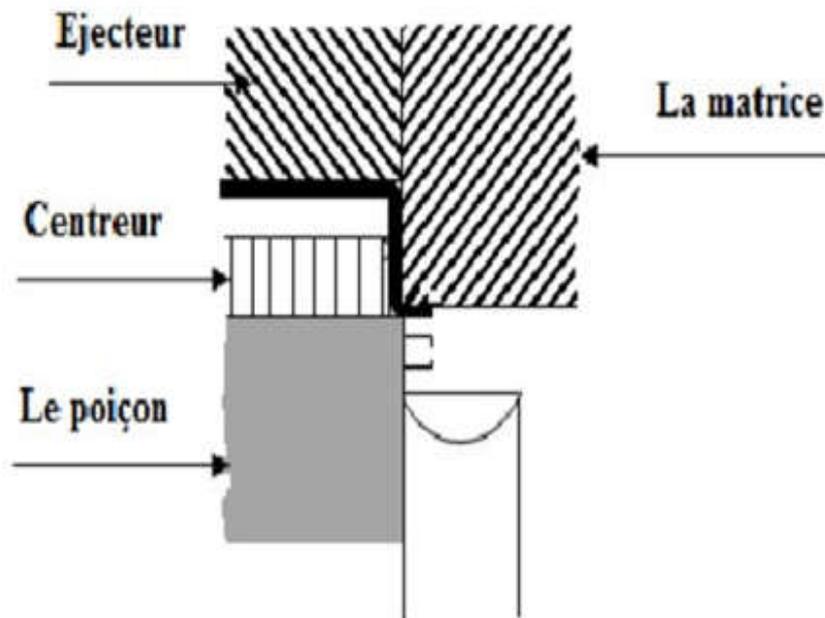


Figure II- 11: Outil de détourage à Ras.

✓ Détourage-Poinçonnage:

Le palonnier est nécessaire, pour que le poinçon soit dans l'axe de la tige d'éjection. (Figure 12) .

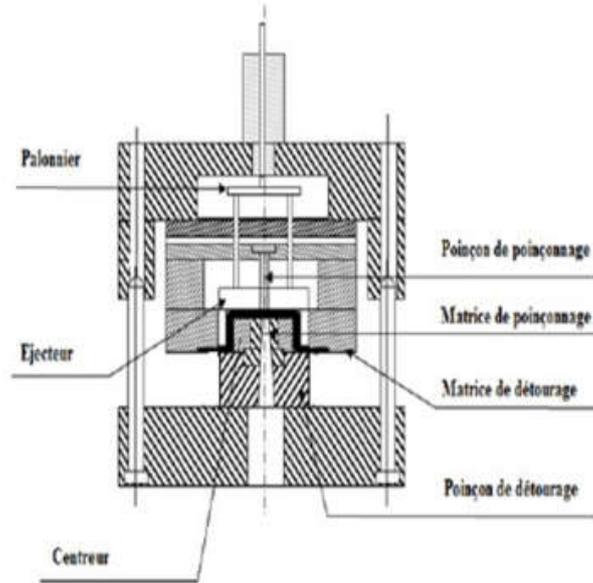


Figure II- 12: Outil de détourage-Poinçonnage.

II-3-2-7: Outils à Came:

Cette conception permet d'ajouter un mouvement particulier à l'outil dont la direction est différente de la direction verticale du coulisseau de la presse, le coulisseau fait un mouvement vertical, qui est repris par une came qui pousse à son tour un coulisseau propre à l'outil dans la direction perpendiculaire.(figure II. 13) .

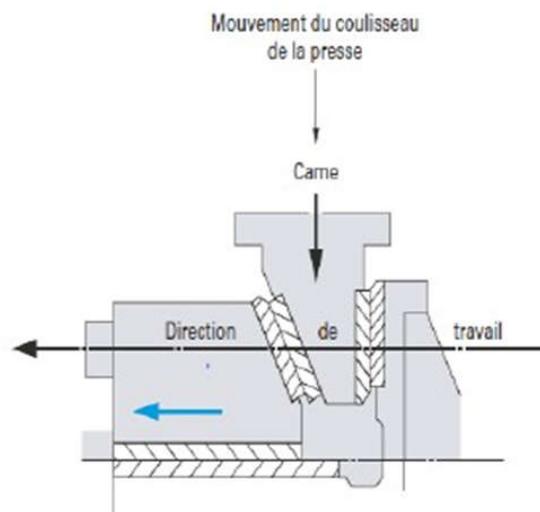


Figure II- 13 : Outil à came.

II-3-2-8: Outil de Cambrage:

Dans l'industrie, il existe divers modèles d'outils de cambrage, on distingue alors trois (03) types de ces derniers :

✚ Outil de Cambrage en V:

L'outil de cambrage en V est composé d'un poinçon et d'une matrice, généralement, utilisé, pour obtenir des pièces en forme de cornière, formants l'angle de la pièce à réaliser (le V), équipé aussi d'un drageoir. Ce dernier est fixé sur la matrice, qui centre le flan à cambrer.(figure II. 14).

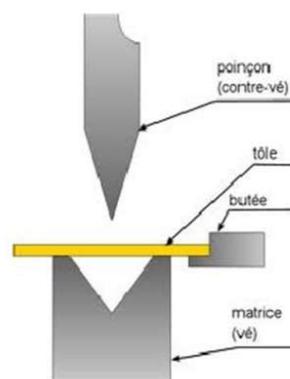


Figure II- 14: Outil de Cambrage en V.

✚ Outil de cambrage en U:

En appliquant le même principe que celui du cambrage en V, l'outil de cambrage en U comporte presque les mêmes éléments que le précédent. Ils ne diffèrent que par la forme du poinçon, et de la matrice. Cet outil relève simultanément les deux ailes de U. Il travaille par symétrie.(figure II. 15).

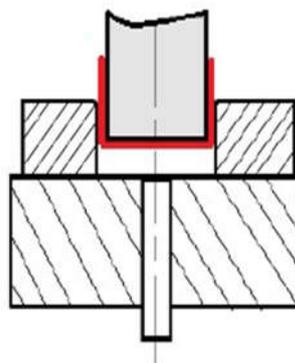


Figure II- 15 : Outil de cambrage en U.

✚ Outil de Cambrage en Équerre:

Utilisé pour le cambrage à 90°, il se compose d'un poinçon, d'une matrice et d'un fond de matrice, qui joue le rôle d'un éjecteur.

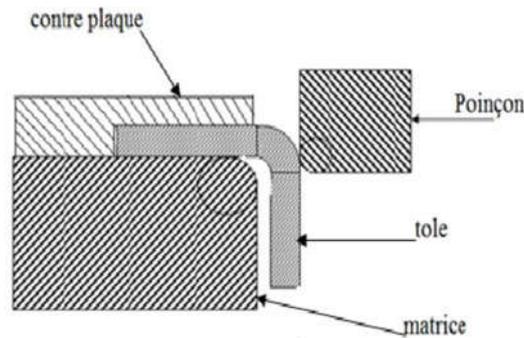


Figure II- 16 : Outil de Cambrage en Équerre.

II-3-2-8: Outils d'Emboutissage:

L'outil d'emboutissage, nous permet de former, ou/et laisser une empreinte creuse sur un flan, par déformation plastique des métaux en feuille. On distingue deux (2) types d'outils d'emboutissage:

❖ Outil d'emboutissage Sans Serre-Flan:

Cette configuration est la plus simple. Elle est composée d'une matrice et d'un poinçon, équipé d'un coussin élastique situé sous la table de la presse. Pour cette technique, les emboutis réalisés sont peu profonds et ne nécessitent pas d'importants efforts de serrage. Cet outil est également appelé, outil d'emboutissage par passe à travers.

❖ Outil d'Emboutissage à Serre-Flan: il existe en deux types:

a)-Outil placé sur presse à simple effet:

L'outil est monté sur une presse à simple effet, composé d'un poinçon, une matrice et d'un serre-flan. Ce dernier est souvent actionné par des paires de ressorts de rappels, qui servent à amortir et absorber le choc dû, à l'effort appliqué par la presse.

Dans ce cas, l'outil est inversé, le poinçon et le serre-flan sont situés à la partie inférieure de l'outil, par contre la matrice, est située à la partie supérieure de cet outil.

À la fin de l'emboutissage, la pièce finie (emboutie) reste accrochée à la matrice, et, est poussée par des éjecteurs placés en haut de l'outil d'emboutissage[5].

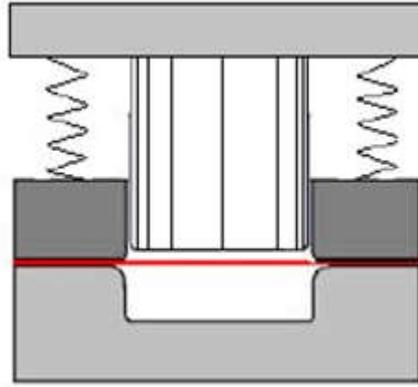


Figure II- 17 : Outil placé sur presse à simple effet.

b)-Outil placé sur presse à double effet:

La presse à double effets comporte deux (2) coulisseaux (intérieur et extérieur). Dans ce cas, le coulisseau extérieur porte le serre-flan. Ce dernier maintient la tôle pendant que le poinçon fixé au coulisseau intérieur, déforme le métal. **(Figure II 18).**

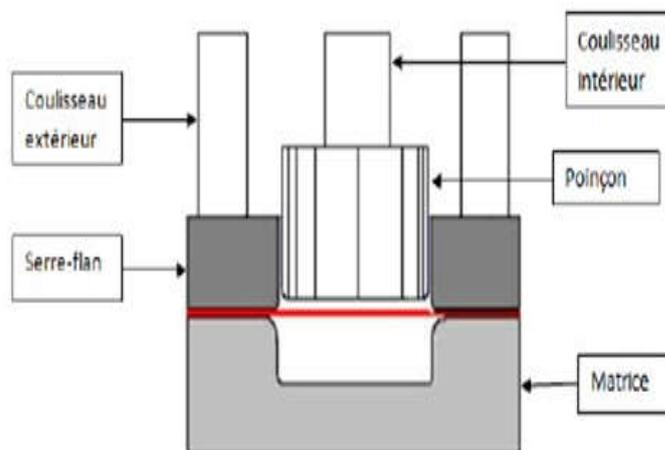


Figure II- 18 : Outil placé sur presse à double effet .

II-4: Classification des presses : [5]

Les presses mécaniques sont classées suivant plusieurs paramètres :

- Selon le mode de transmission d'énergie.
- Selon le nombre de coulisseaux.
- Selon la forme du bâti.

II-4-1: Selon le mode de transmission d'énergie :

On distingue deux types de presses, les presses mécaniques et les presses hydrauliques.

II-4-1-1: Les presses mécaniques :

Dans ce type de presse, l'énergie fournie par le moteur est a emmagasinée dans un volant d'inertie sous forme d'énergie cinétique. Cette énergie est ensuite transmise au coulisseau en un mouvement de translation. Elles sont moins couteuses et permettent d'atteindre des cadences élevées.

Afin d'assurer la conversion du mouvement circulaire du moteur en un mouvement rectiligne du coulisseau des systèmes sont mis en place, tels les mécanismes de commandes (système bielle manivelle, système excentrique, système à cames...) et le système d'embrayage (embrayage par friction, embrayage par clavette pivotante, embrayage par électropneumatique).



Figure II- 19 : Presse mécanique.

A)- Mécanisme de commandes: [5]

Il a pour but de transformer le mouvement circulaire uniforme du moteur en un mouvement rectiligne alternatif du coulisseau, tel:

✓ Système bielle-manivelle:

C'est un modèle de mécanisme qui doit son nom aux deux pièces qui le caractérisent, Le pied de bielle attaque le coulisseau sur une articulation à rotule pour les petites presses ou sur un axe soit directement, soit par l'intermédiaire d'un cylindre glissant dans un fourreau fixé au bâti pour diminuer les réactions sur les glissières du coulisseau.

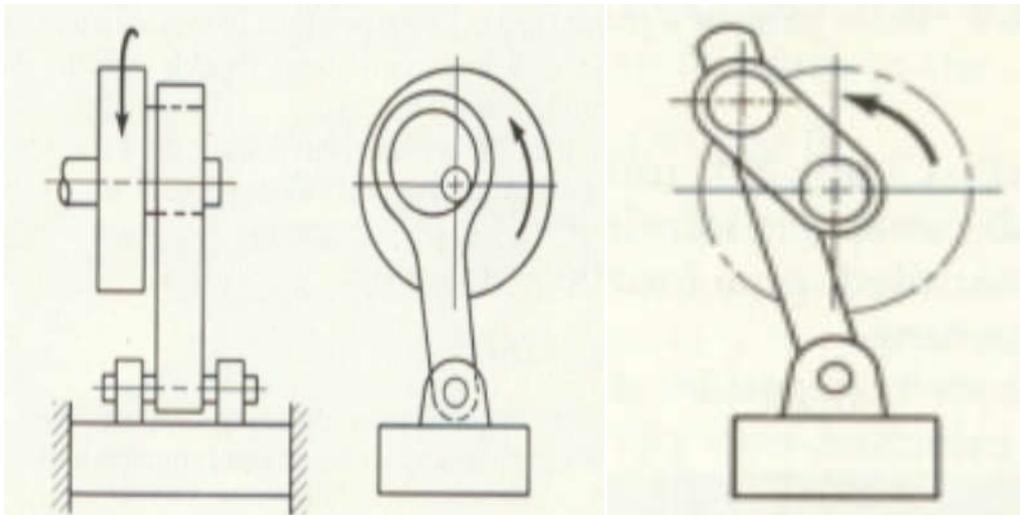


Figure II- 20 : Système bielle-manivelle.

✓ Système à genouillère:

Une genouillère est un dispositif mécanique composé d'une bielle et deux genouillères. La bielle est entraînée par un vilebrequin, qui exerce un mouvement de translation sur l'axe d'articulation commun aux deux genouillères qui sont fixées, l'une au bâti et l'autre au coulisseau. Ce mécanisme accroîtra l'effort de coulisseau.

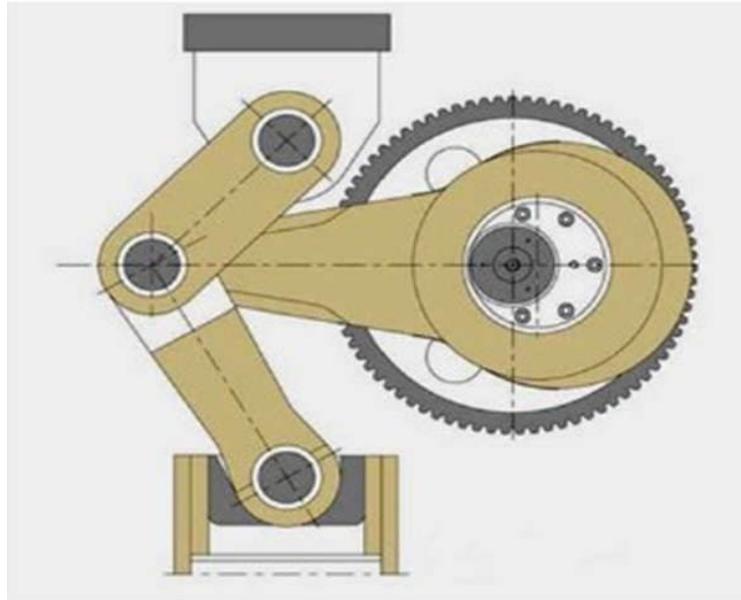


Figure II- 21 : Système à genouillère.

✓ Système excentrique:

C'est un mécanisme provoquant un mouvement de rapprochement ou d'éloignement par rapport à l'axe de rotation d'une pièce. Cela permet de transformer un mouvement de rotation en un mouvement d'oscillation. Lors de desserrage de l'écrou, la bague d'immobilisation est repoussée par les ressorts. Lorsque la douille excentrique sont entièrement dégagés, on obtient la variation de et par rotation de la douille excentrique.

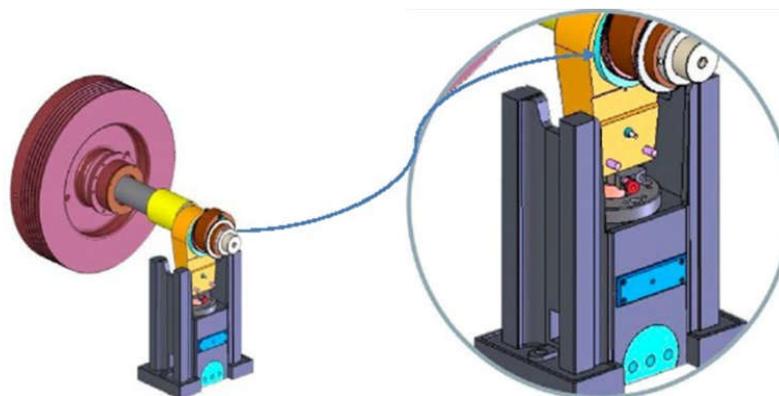


Figure II- 22: Système excentrique.

✓ Système à came:

C'est un système constitué de deux objets, l'un menant, nommé « came », constitué d'un solide généralement en rotation, et l'autre mené, animé d'un mouvement alternatif de translation, contraint par le solide menant. La came, autrement nommée solide menant, est couramment de forme vaguement ovoïde. Son profil est calculé en fonction du mouvement de translation qui sera imprimé au solide mené. Le solide mené est plaqué contre le profil de la came.

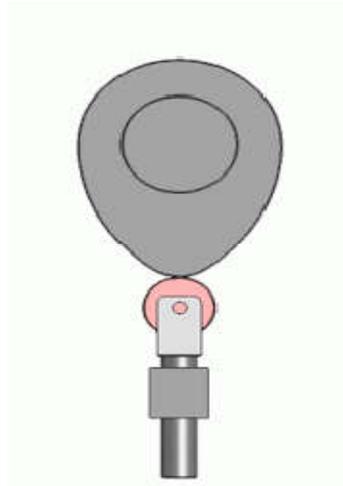


Figure II- 23: Système à came.

B)- Embrayage:

On distingue trois types d'embrayages:

❖ Embrayage par friction:

C'est un dispositif d'accouplement temporaire entre un arbre dit moteur et un autre dit récepteur. Du fait de sa transmission par adhérence, il permet une mise en charge progressive de l'accouplement ce qui évite les à-coups qui pourraient provoquer la rupture d'éléments de transmission ou l'arrêt du moteur dans le cas d'une transmission avec un moteur thermique.

❖ Embrayage par clavette tournante:

C'est un dispositif assez simple, lorsque la bute s'éclipse, la clavette montée sur le vilebrequin est sollicitée par un ressort, elle tourne et s'engage dans une des encoches du volant et provoque l'entraînement vilebrequin.

Le débrayage s'obtient lorsque le talon de la clavette entre en contact avec la butée revenue à sa position primitive et ne peut pas avoir lieu avant un tour complet du vilebrequin.

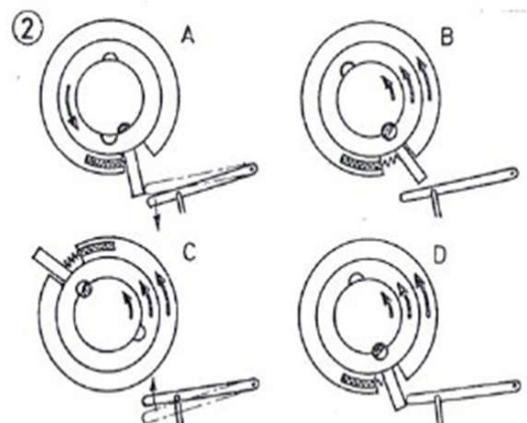


Figure II- 24 : Embrayage par clavette tournante.

❖ Embrayage par électropneumatique:

Dans cette commande pneumatique, un piston pousse une série de disques de friction, clavetée sur l'arbre, contre le volant, l'embrayage est alors assuré. Lorsque la pression cesse, les ressorts de rappel déplacent les disques dans l'autre sens et commandent le freinage a chaque tour de vilebrequin, par l'intermédiaire d'un système électrique.

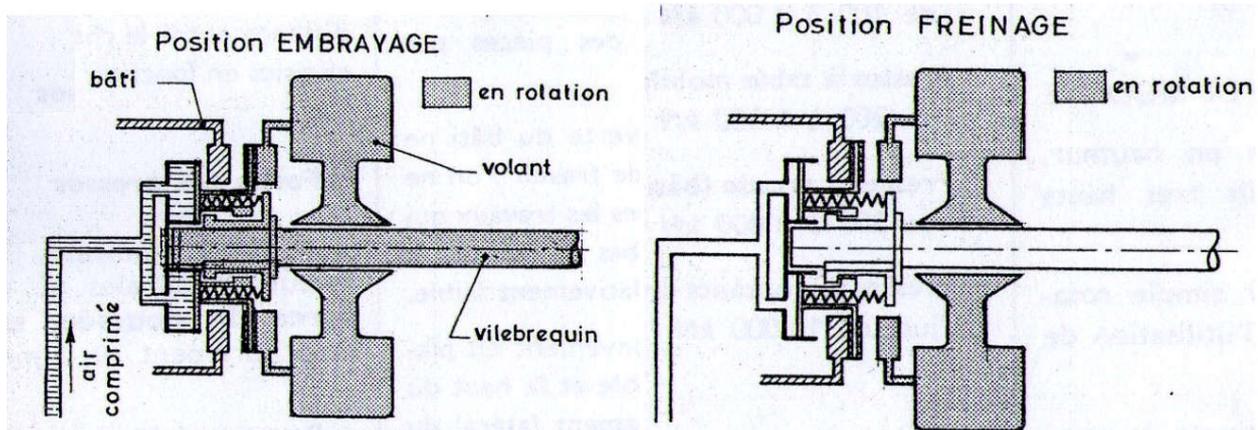


Figure II- 25: Embrayage par électropneumatique.

II-4-1-2: Les presses hydrauliques :

Machine qui permet d'opérer une très grande force de compression, permettant ainsi de déformer ou soulever un bloc, une pièce de poids considérable.

Son fonctionnement repose sur le principe de Pascal qui démontre qu'un liquide exerce une pression suffisante pour permettre d'écraser, de déformer, ou soulever un élément. Elle est composée de deux pistons où reposent deux surfaces l'une étant plus petite que l'autre, ce qui permet d'augmenter la force, chacun des pistons est placé à une extrémité de la machine. Pour s'alimenter, la presse hydraulique est équipée d'une pompe hydraulique à un vérin ce qui entraîne le mécanisme de glissière.



Figure II- 26 : Presses hydraulique

II-4-2: selon le nombre de coulisseaux :**II-4-2-1: Presse à simple effet :**

Ce type de presse comporte un seul coulisseau actionné par une ou deux ou quatre bielles. Elles sont spécifiquement destinées aux opérations de reprise, et pour cette raison elles sont équipées d'un coussin inférieur destiné à assurer l'effet de serre-flan. D'une façon générale, ces machines n'acceptent qu'un seul outil ou, au maximum, deux. L'exécution d'une pièce en plusieurs passes nécessite l'utilisation de plusieurs presses.

II-4-2-2: Presse à double effet:

Cette presse possède deux coulisseaux l'un dans l'autre, chaque coulisseau est attaché à l'arbre excentrique avec deux jonctions. Les courses des deux coulisseaux sont différentes et temporisées, le coulisseau extérieur porte le flan et le coulisseau intérieur termine l'opération.



Figure II- 27 : Presse à double effet.

II-4-2-3: Presse à triple effet:

avec une conception plus au moins similaire à celles des presses à double effet, elles sont équipées d'un coulisseau inférieur qui possède sa propre cinématique. ce type de presse est souvent utilisé afin de réaliser des pièces ayant des formes complexes.

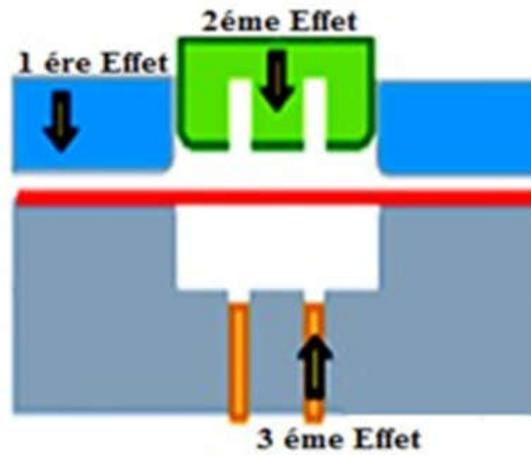


Figure II- 28 : Presse à triple effet.

II-4-3: Selon la forme du bâti:

II4-3-1: Presses à montant droit:

Le bâti est du type «assemblé» c'est-à-dire que la table, les montants et le chapiteau sont reliés par quatre forts tirants en acier serrés à chaud (donc précontraints). Elles sont très robustes, et peuvent atteindre de très grandes dimensions. Elles peuvent développer une force jusqu'à 10000 KN.

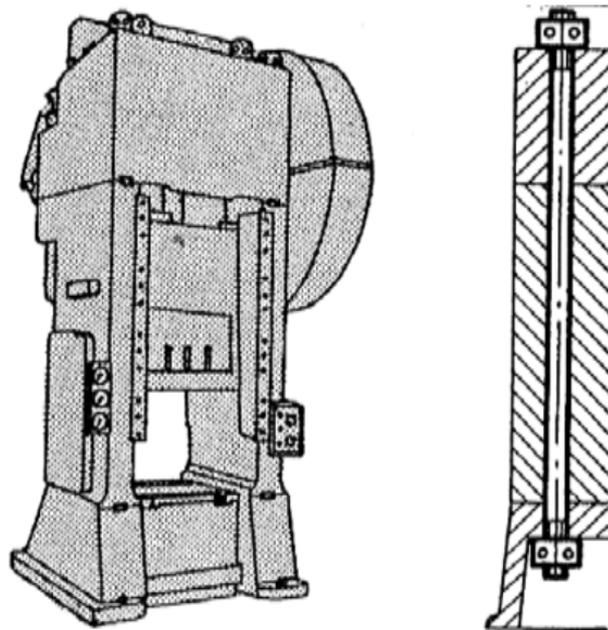


Figure II- 29 : Presse à montant droit.

II-4-3-2: Presses à col de cygne:

ce type de presses est connu pour avoir une forme qui rend la table et le coulisseau très accessible, avec une inclinaison de 30° en arrière qui lui permet l'évacuation aisée des pièces par gravité.

Elles sont employées pour tous les travaux de découpage, d'ajourage, de pliage et souvent pour des petites et grandes séries.

Avec un maximum de 2000 KN d'effort qu'elles peuvent supporter, le bâti se déforme élastiquement sous charge et provoque un déplacement angulaire des deux parties de l'outil, ce qui justifie le fait d'utiliser des tirants (bretelles) pour permettre au bâti une plus grande rigidité, mais ça réduit l'accessibilité de la table.



Figure II- 30 : Presse à col de cygne.

II-4-3-3: Presses à colonnes :

Elles sont employées pour le formage et le matriçage, et équipées de quatre glissières qui lient le sommet supérieur et inférieur. Leur puissance peut aller jusqu'à 6000 KN.



Figure II- 31 : Presse à colonnes.

II-4-3-4: Presses à arcade:

Ces machines présentent une rigidité maximale parce qu'ils ont un bâti monobloc coulé ou parfois soudé ce qui lui permet de supporter des efforts beaucoup plus importants, tout en assurant une plus grande précision dans le guidage des outils. Elles peuvent être simple ou à double effets. Elles peuvent travailler avec des capacités supérieures ou inférieures à 1000 KN pour l'emboutissage, la découpe rapide (≥ 400 coups/min). Néanmoins, il devient courant de rencontrer des presses, avec un bâti monobloc capable de développer plus de 10000 KN.



Figure II- 32 : Presse à arcade.

II-4-3-5: Presses à table mobile et bigorne:

Ces types de presses sont équipées d'une table réglable en hauteur avec une vis de réglage, autorise le montage d'outils très hauts, la table est éolisable par simple rotation, ce qui permet l'utilisation de la bigorne, celle-ci qui est montée à la place de la table, permet le poinçonnage latéral de gros emboutis[5].



Figure II- 33 : Presse à table mobile et bigorne.

II-5: Quelques critères de sélection et de choix d' presses:

Pour assurer un bon usage d'une presse, quelques

- La capacité de la presse (effort nécessaire pour l'opération).
- Le type du travail.
- La cadence.
- La dimension de l'outil et de la pièce a réaliser
- La course du coulisseau.

II-6: conclusion:

Dans le chapitre ci-dessus ,on a opter pour une recherche qui nous permettra d'avoir un aperçu global sur tout ce qui concerne la machine utilisée, la presse et ses différents composants ,ses types et les différentes opérations que l'on peut réaliser avec, selon quelques critères de sélection.

CHAPITRE III

ETUDE ET CONCEPTION DE L'OUTIL

Partie étude

III-1: Introduction

Dans le monde de l'industrie moderne, il existe une grande diversité de presses. Par conséquent, le concepteur des outils de presses est contraint de chercher les presses qu'il faut pour les différentes opérations de son travail en tenant compte surtout des efforts que doit fournir la presse, avec un coût acceptable.

III-2: Cahier des charges :

Dans les travaux des métaux en feuilles, il existe une grande variété de presses, et leur choix dépend des opérations à effectuer, dans ce travail la pièce à étudier est une **bande élastique**, dont les caractéristiques dimensionnelles et géométriques sont données dans le tableau ci-dessous[2]:

Nom de la pièce	Bande élastique
Matière	Acier inox DIN 59381
Désignation	X 12 Cr Ni 17 7
N° d'identification	050-105-112
Longueur	163,5 mm
Largeur	17 mm
Épaisseur	0,2 mm
Résistance au cisaillement	180 daN/mm ²

Tableau III- 1:Caractéristiques de la bande.

Le travail consiste à étudier la conception d'un outil de découpage d'une bande élastique dont le processus de fabrication de cette bande passe par 3 étapes. la première étape consiste à découper des bandes à partir de tôle fournie en format commercial standard sous forme de bobines de 47 Kg.



Figure III-1 :La tôle sous forme de bobine.

La deuxième étape est le passage de la bande à l'emboutissage afin de réaliser les encoches qui apparaissent dans la figure ci-dessous.

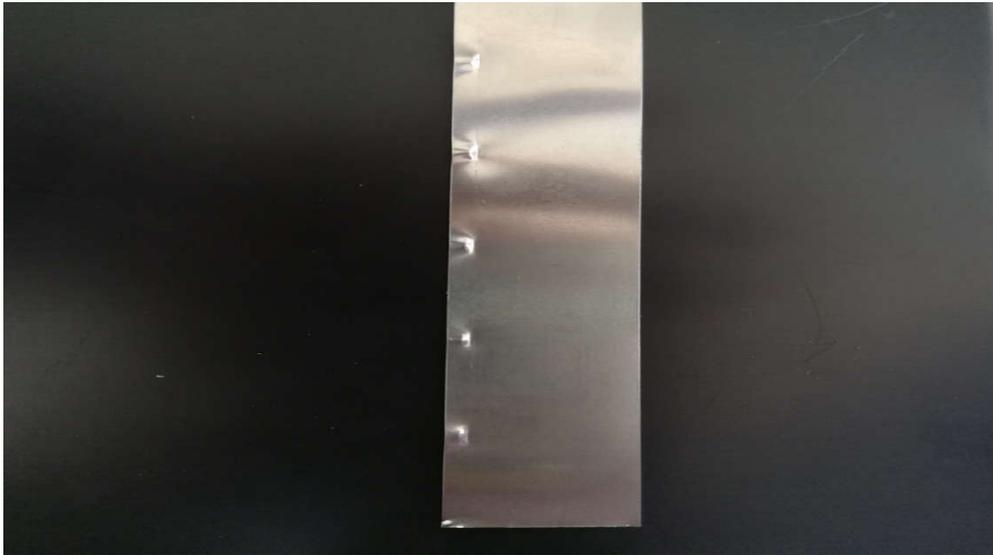


Figure III- 2: Bande avec encoches emboutis.

Une fois la bande découpée et emboutie, en entame la troisième étape qui consiste à faire un pliage sur une de ses extrémités pour faciliter sa fixation en l'enroulant dans la cage à roulements.

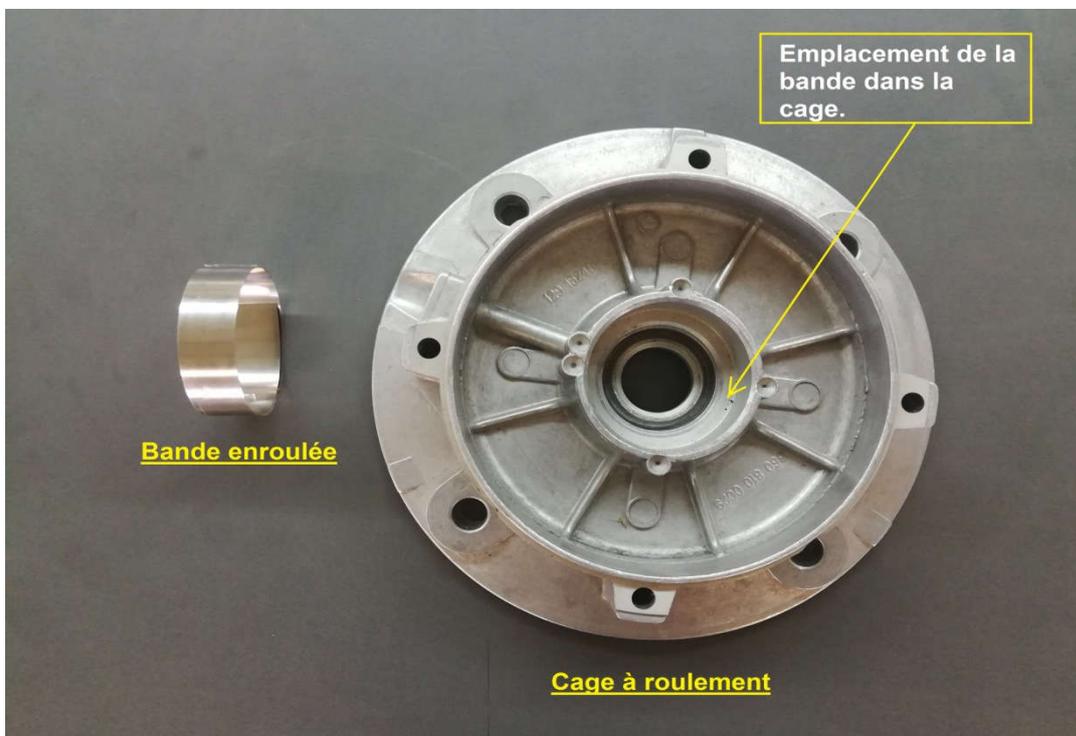


Figure III- 3:Emplacement de la bande dans la cage à roulement.

III-3: La problématique :

La majeure partie des travaux réalisés au sein de l'entreprise EI sont basés sur les moteurs électriques, et pour garder au mieux la qualité du produit fourni sans pour autant affecter le coût de la production, il faut assurer une bonne qualité lors de l'usinage de toutes les composantes du moteur.

La cage à roulement est l'un des constituants du moteur électrique, ce roulement qui assure la transmission du mouvement rotatif et qui supporte l'arbre du moteur est placé dans la cage mais pas directement, car une bande métallique élastique les séparent.

Ces derniers temps, une anomalie au niveau de la machine qui réalise le découpage de cette bande est apparue. Le problème se situe au niveau de l'outil de coupe et du mécanisme de fixation de la pièce. puisqu'on remarque trop de pertes, et c'est l'outil de découpage placé sur la machine en question qui est défectueux.

A cet effet, le bureau d'études chargé des moteurs nous a confié la tâche de trouver un dispositif qui va solutionner le problème en assurant un découpage droit sans causer de déformations sur la bande.

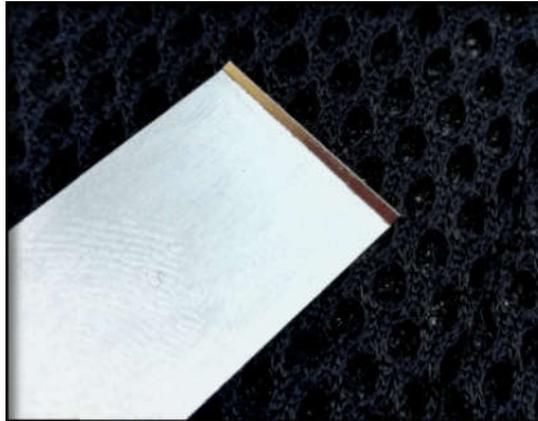


Figure III- 4: Bande avec déformation.

III-4: Calcul des efforts:

III-4-1: Calcul de l'effort de découpage :

Les efforts de découpage sont calculés par une formule empirique qui a l'avantage de fournir une bonne approximation tout en étant très simple d'utilisation .[3].

$$F_{de} = P \times e \times R_c$$

Avec :

- ✓ **Fde** : effort de découpage.
- ✓ **P** : Le périmètre à découper.
- ✓ **e**: L'épaisseur de la tôle.
- ✓ **Rc** : Résistance au cisaillement de tôle 180daN/mm².

La formule précédente nécessite l'utilisation de **Rc** (résistance pratique au cisaillement exprimé en daN/mm²). On admet généralement que **Rc** correspond à 8/10 de **Rm**.

Rm : résistance à la rupture par extension (daN/mm²).

Matériaux	Rm (daN/mm ²)
Acier à 0,1% de carbone (recuit)	19
Acier à 0,2% de carbone (recuit)	25
Acier à 0,3% de carbone (recuit)	30
Aluminium (doux)	12,5
Duralumin	45
Laiton (recuit)	18
Acier inox	17-19

Tableau III- 2:résistances de quelques matériaux.

On a:

- ✓ **P**= 17 mm ;
- ✓ **e**= 0,2 mm ;
- ✓ **Rc** = 180 daN/mm² ;

Après l'application numérique on obtient:

$$Fde = 17 \times 0,2 \times 180 = 612.$$

L'effort de coupe est donc égale à **612 daN** .

III-4-2: Calcul de l'effort de dévêtissage [Fdev] :

C'est l'effort d'extraction , car après un découpage, la tôle a tendance à rester solidaire au poinçon.

Pour effectuer le dégagement, les outils sont munis d'un dévêtisseur. L'effort nécessaire pour effectuer cette extraction est évalué selon l'importance de la surface de tôle entourant le poinçon entre 2 et 7 % de l'effort nécessaire à la découpe[4].

- ✓ Pour un découpage en pleine tôle, donc avec d'important déchet, l'effort d'extraction est égal à 7% de l'effort de découpage.

$$F \text{ extraction} = 7\% F \text{ découpage}$$

- ✓ Pour une faible perte de métal (déchet faible), l'effort d'extraction est égal à 2% de l'effort de découpage.

$$F_{\text{extraction}} = 2\% F_{\text{découpage}}$$

On prend donc la relation suivante: $F_{\text{dev}} = F_{\text{de}} \times 2\%$

Après application numérique on obtient:

$$F_{\text{dev}} = 612 * 0,02 = 12,24$$

L'effort de dévetissage est donc égale à 12,24 daN.

III-4-3: Calcul de l'effort fourni par la presse F_{pr} :

La source de production de la force est une presse qui doit produire un effort supérieur ou au moins égale à la somme des efforts.

$$F_{pr} \geq F_{de} + F_{dev}$$

$$F_{pr} \geq 612 + 12,24$$

$$F_{pr} \geq 624,24 \text{ daN}$$

III-5: La presse à utiliser :**Figure III- 5: Presse sans outil.**

Le choix de la presse à utiliser dans les travaux des métaux en feuille dépend essentiellement de plusieurs paramètres tel que :

- L'effort de la presse doit être supérieur aux efforts utilisés.
- La longueur et la largeur de la table, suffisamment supérieur à celle de l'outil.
- La hauteur libre entre la table et le coulisseau doit être supérieur à la hauteur de l'outil fermé.
- La nature des opérations à réaliser. Pour notre cas, il s'agit de découpage.

**Figure III- 6: Presse avec outil.**

A partir de l'effort que nous avons trouvé, on a opté pour une presse " TP 30 col de cygne" de construction allemande qui a les caractéristiques qui apparaissent dans le tableau suivant[2] :

Profondeur du col de cygne	200 mm
Base de la table : Longueur * profondeur	560*400 mm
Passage dans la table: Ø/épaulement	180/160 mm
Base du coulisseau Largeur * profondeur	355*220 mm
Trou dans le coulisseau: Ø*profondeur	32/80 mm
Distance entre plateau mobile et coulisseau, plus grande course en bas, Réglage du coulisseau en haut	175 mm
Distance entre table et coulisseau, plus grande course en bas, Réglage du coulisseau en haut	250 mm
Course	8-80 mm
Réglage du coulisseau	50 mm
Epaisseur du plateau mobile	75 mm
Passage dans le plateau mobile	Ø90 mm
Distance entre table et guide du coulisseau	385 mm
Nombre de coups par minutes	100
Dispositif de sécurité	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Commande de sécurité à deux mains avec condition simultanéité ✓ Frein auxiliaire ✓ Dispositif de sécurité contre les surcharges dans le coulisseau

Tableau III- 3:Caractéristiques de la presse.

III-6: Les solution proposées :

Pour résoudre le problème du découpage de la bande afin d'avoir un bord régulier sans déformation, nous avons choisi d'expérimenter deux propositions qui concernent la méthode et le système de fixation de la bande sur la table (matrice).

Le premier système de fixation est celui déjà en place, c'est à dire que la bande est fixée à l'endroit de découpage comme montre la figure III-7. Ce système donc, comme il a été signalé auparavant, ne permet pas d'avoir des bords bien réguliers et génère des pertes considérables au niveau des pièces obtenues.

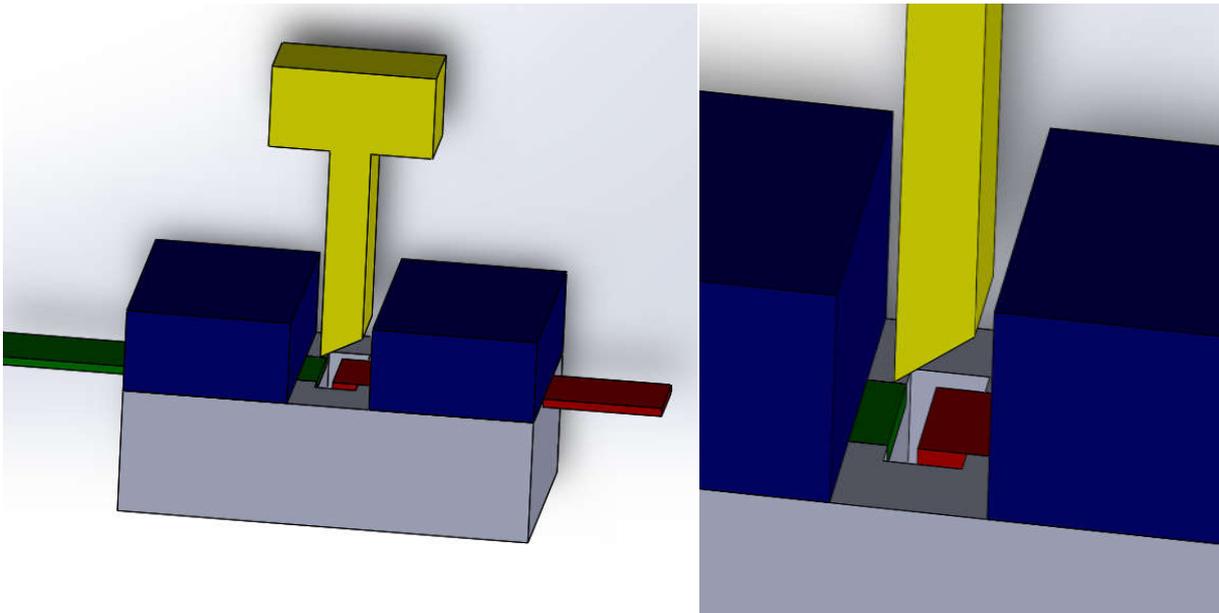


Figure III- 7: Système de fixation 1.

Le deuxième système de fixation que nous proposons consiste à libérer la bande de toute fixation comme le montre la figure ci-dessous.

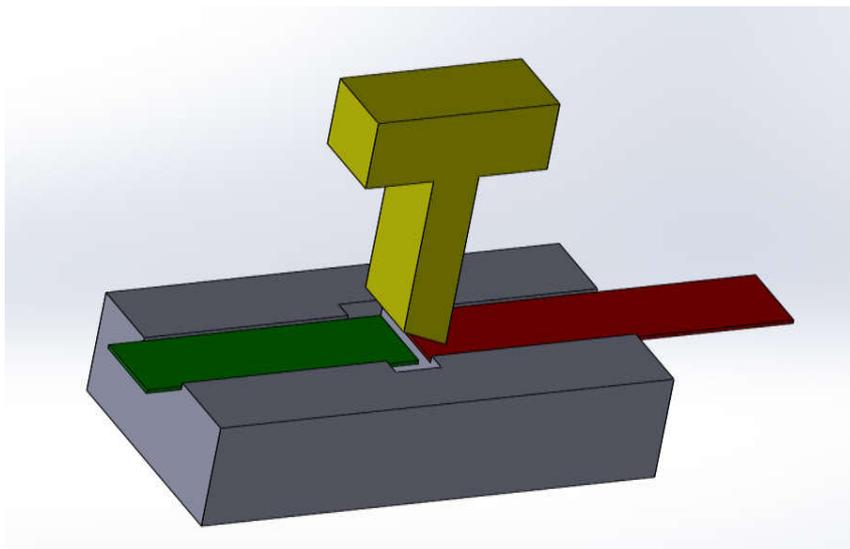


Figure III- 8: Système de fixation 2 .

Le troisième système de fixation est de fixer la bande des deux extrémités tout en la libérant au niveau de l'endroit de découpage, un dispositif qui a réunit à la fois les deux dispositifs précédents.

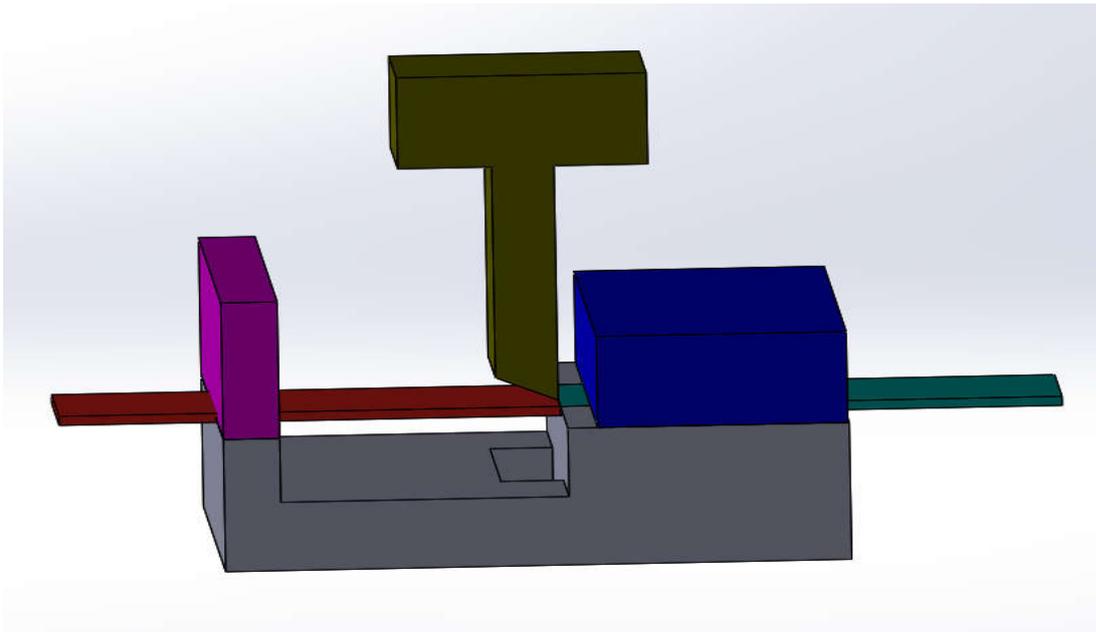


Figure III- 9: Système de fixation 3.

III-7: Choix de la solution:

Après avoir réaliser les essais des trois systèmes de fixation, notre choix a été fait selon les résultats des essais; les résultats sont comme suite:

- ✓ Le premier essai qui la reproduction de l'ancien dispositif a comme déjà cité en haut, révéler des déformations sur un nombre important des pièces découpées, avec une moyenne d'environ 60 % .

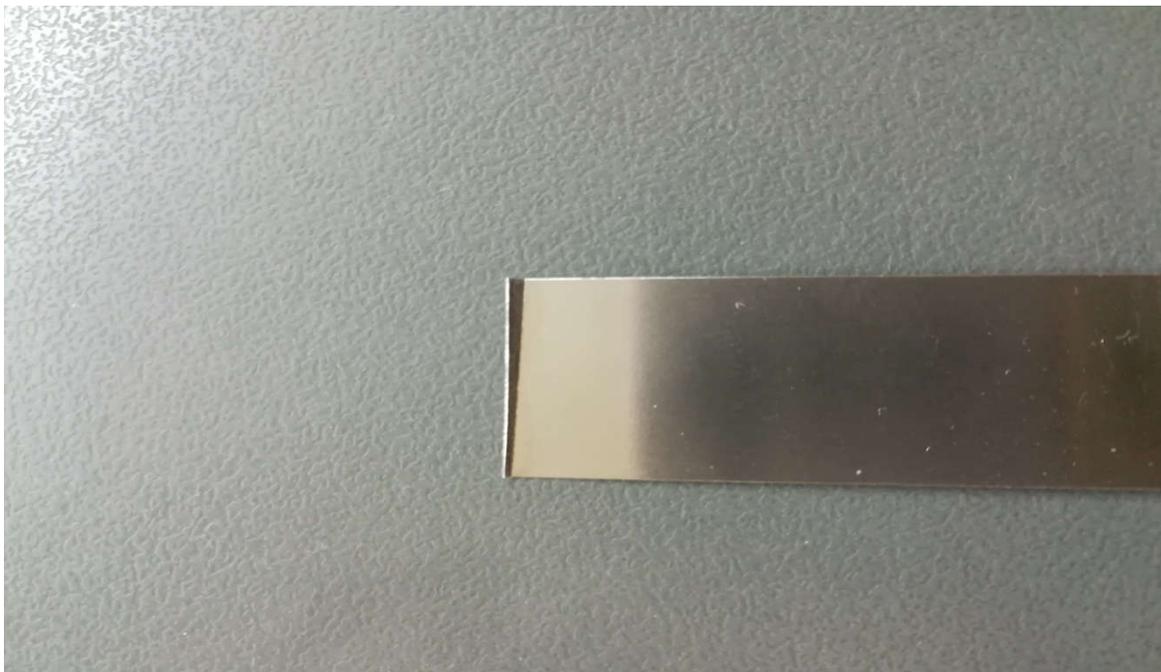


Figure III- 10: Bande tirée de l'essai 1.

- ✓ Le deuxième essai ,à montrer un échec total à cause de la flexion de la pièce due à la frappe du poinçon faute de quoi la découpe n'a pas été faite.

- ✓ Par contre le troisième essai a donner de très bons résultats.

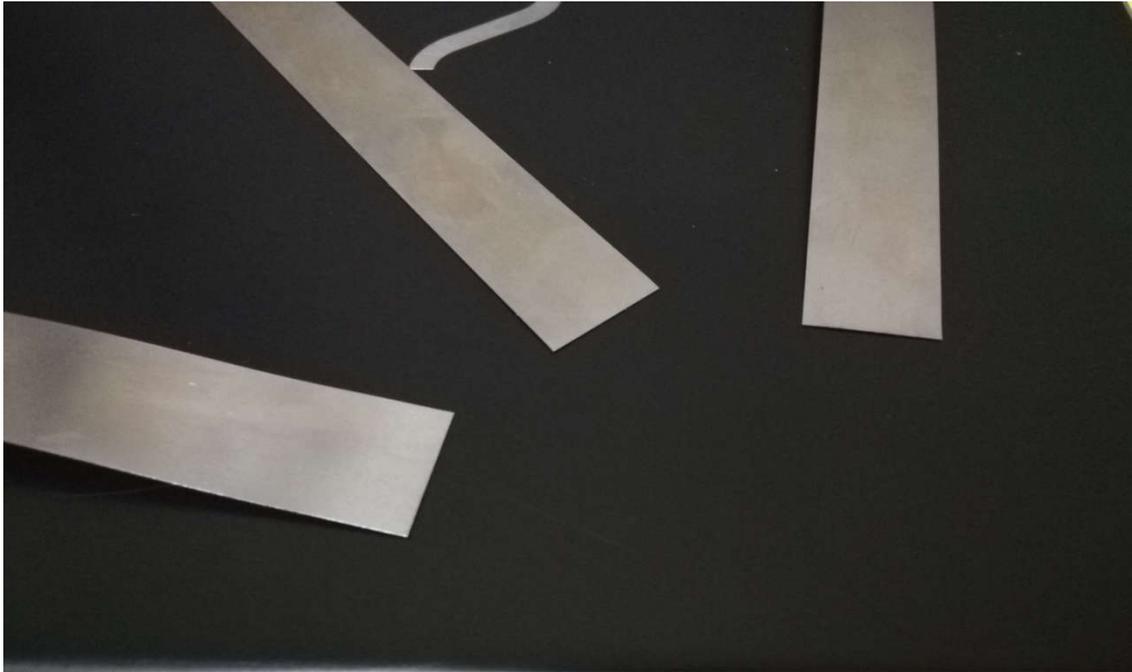


Figure III- 11:bandes de l'essai 3.

III-8: Conception de l'outil :

III-8-1: Détail des pièces de l' outil :

L'outil proposé dans cette étude est constitué des éléments suivant:

- ❖ **Corps supérieur** : Il sert a porter le porte poinçon ainsi que les douilles de guidage, il sert aussi de lien avec le nez de fixation de la presse.

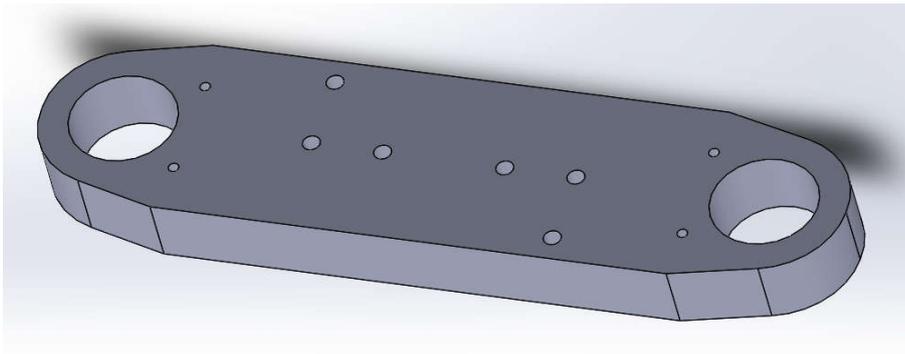


Figure III- 12:Corps supérieur.

- ❖ **Corps inférieur** : Il sert à porter le porte matrice, la matrice, le guide poinçon ainsi que les colonnes de guidage.

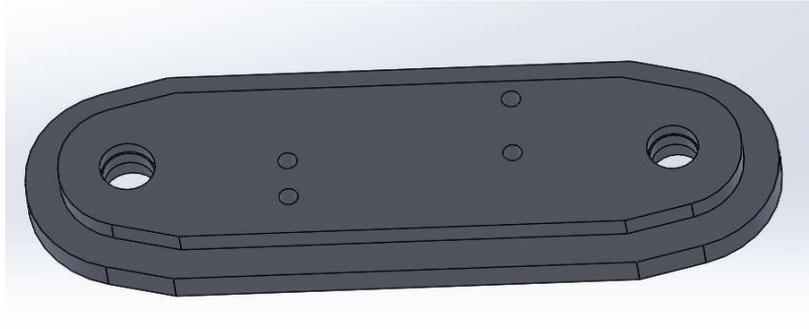


Figure III- 13: Corps inférieur.

- ❖ **Porte matrice** : Il sert à porter, centrer et bien fixer la matrice.

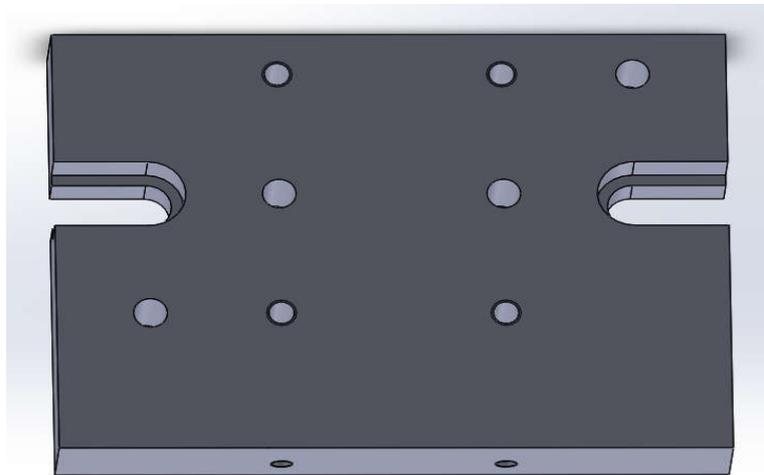


Figure III- 14.:Porte matrice

- ❖ **Matrice** : c'est la partie de l'outil qui est bridée sur la table de la presse Elle doit résister aux différents efforts de coupe, elle doit être suffisamment épaisse pour supporter l'effort de dévêtissage et éviter les déformations.

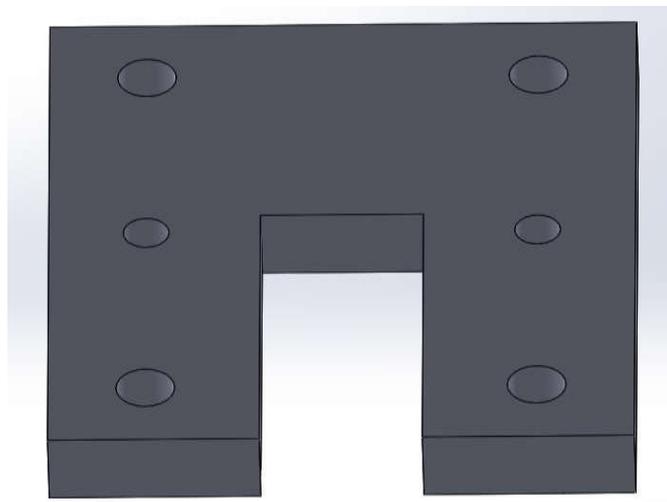


Figure III- 15: Matrice.

- ❖ **Guide poinçon** :Sert à orienter le poinçon, pour assurer une bonne position de poinçon.

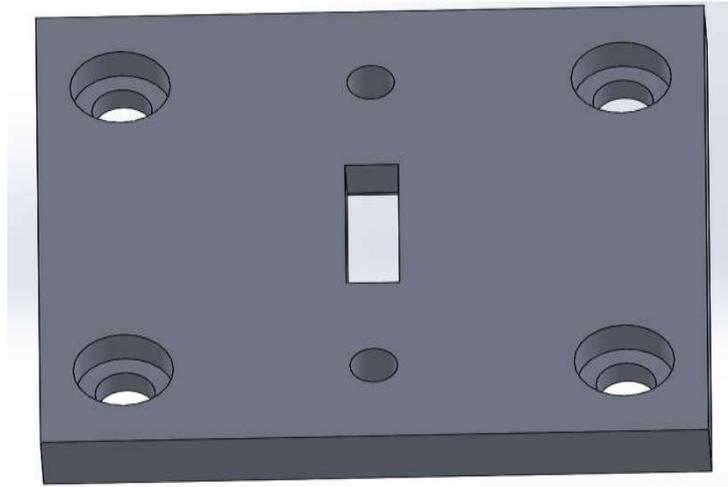


Figure III- 16: Guide poinçon

- ❖ **Plaque de choc** :elle sert à protéger la semelle contre les déformations au cours du travail, elle sert aussi à absorber les chocs du au découpage.

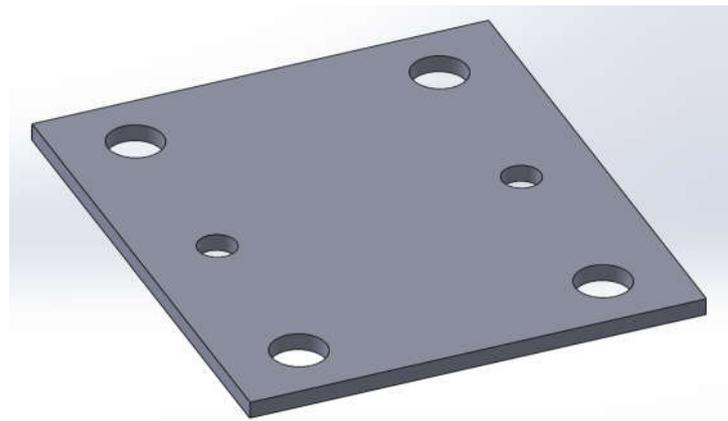


Figure III- 17: Plaque de choc.

- ❖ **Porte poinçon** : Il sert à porter et fixer le poinçon.

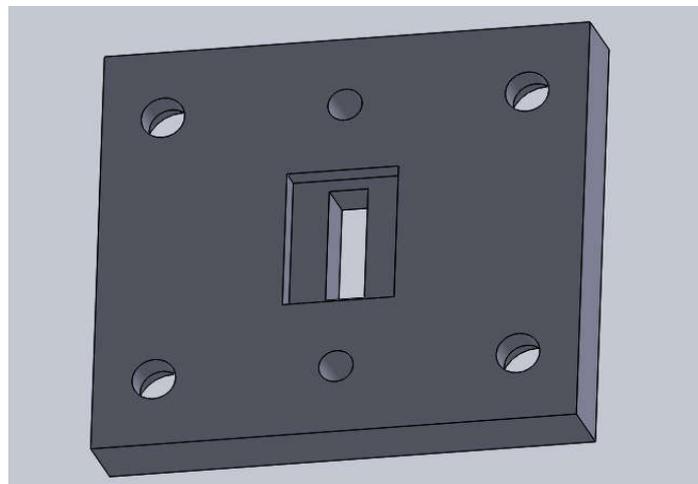


Figure III- 18: Porte poinçon.

- ❖ **Poinçon** : c'est la partie la plus active de l'outil, il assure le découpage de la bande.

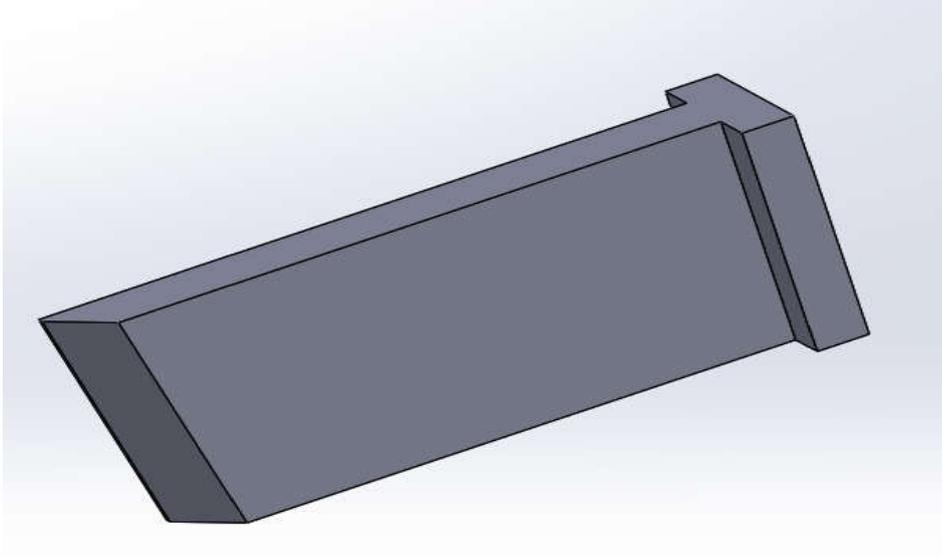


Figure III- 19: Poinçon.

- ❖ **Guide de la bande** :elle sert à diriger, orienter et retenir la bande après la coupe.

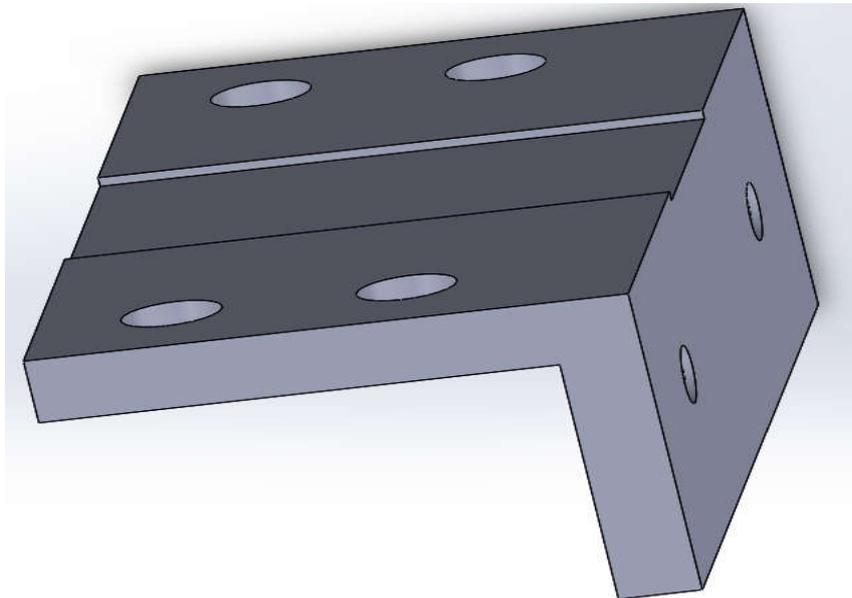


Figure III- 20: guide de la bande.

- ❖ **Réglette** :c'est une pièce sur laquelle se déplace le coulisseau ; contenant des graduations sur sa surface supérieure elle assure la fonction de buter la bande à la bonne tille et la maintenir contre la flexion.

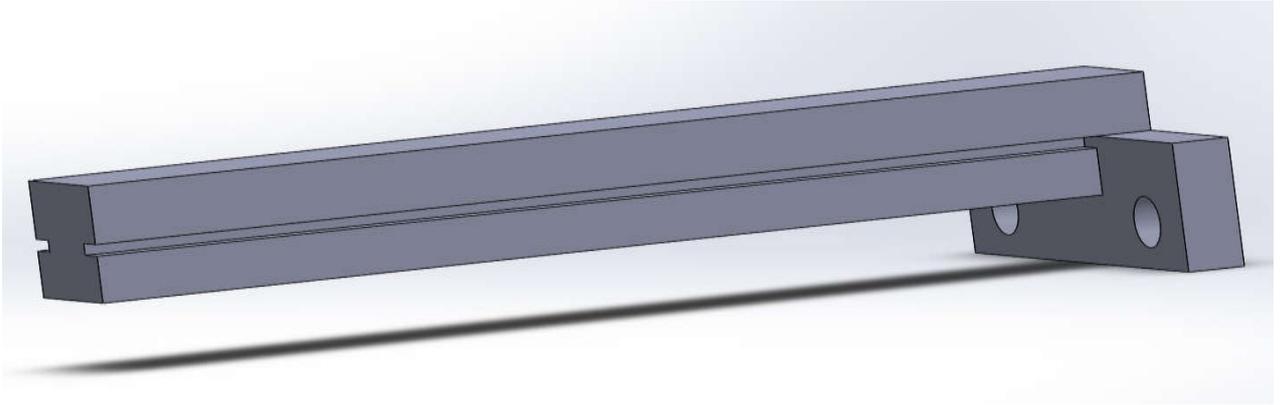


Figure III- 21: Réglette.

- ❖ **Pince** : fixée sur le coulisseau elle a pour rôle de maintenir la bande lors de l'opération.

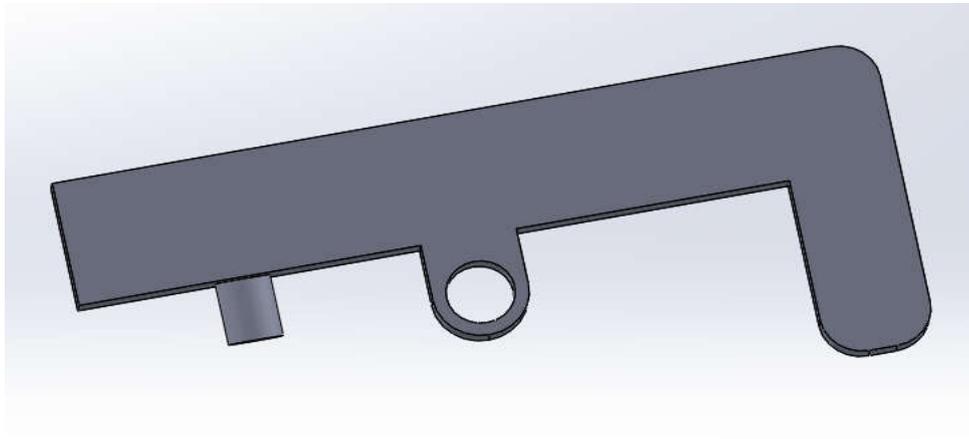


Figure III- 22: Pince.

- ❖ **Nez de fixation** :c'est une bride qui assure la fixation de la partie active de l'outil sur le porte outils de la machine.

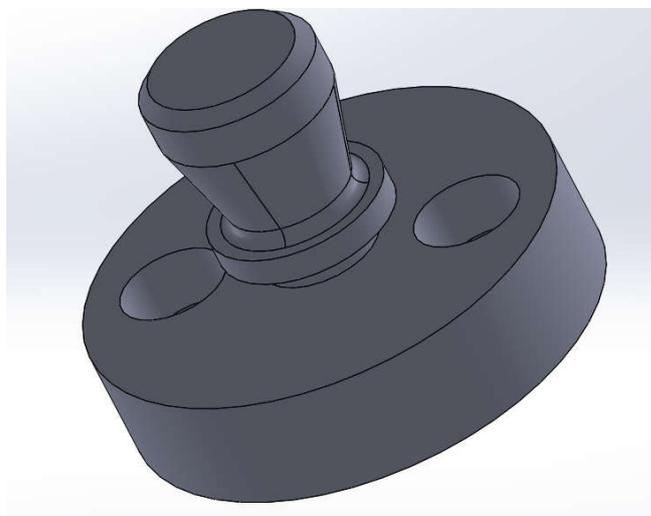


Figure III- 23: nez de fixation.

III-8-2: Mises en plan :

Dans cette partie du travail nous avons utilisé le logiciel pour faire ressortir les différentes caractéristiques dimensionnelles et géométriques des pièces constituant l'outil et ce à l'aide des mises en plan qui suivent :

- ✓ **Planche 1** : Corps supérieur
- ✓ **Planche 2** : Corps inférieur
- ✓ **Planche 3** : Porte matrice
- ✓ **Planche 4** : Matrice
- ✓ **Planche 5** : Guide poinçon
- ✓ **Planche 6** : Semelle
- ✓ **Planche 7** : Porte poinçon
- ✓ **Planche 8** : Poinçon
- ✓ **Planche 9** : Plaque de choc
- ✓ **Planche 10** : Colonne de guidage (30 mm)
- ✓ **Planche 11** : Colonne de guidage (32mm)
- ✓ **Planche 12** : Douille de guidage (30mm)
- ✓ **Planche 13** : Douille de guidage (32mm)
- ✓ **Planche 14** : Arrêt douilles
- ✓ **Planche 15** : Guide de bande
- ✓ **Planche 16** : Cache
- ✓ **Planche 17** : Réglette
- ✓ **Planche 18** : Coulisseau
- ✓ **Planche 19** : Pince
- ✓ **Planche 20** : Nez de fixation

CHAPITRE III

ETUDE ET CONCEPTION DE L'OUTIL

Partie conception

CONCLUSION

✓ ✓
GÉNÉRALE

CONCLUSION GENERALE

Le procédé de fabrication des pièces en tôlerie dans l'industrie est connu depuis longtemps et qui ne cesse de s'agrandir au fil des dernières années. Il permet d'obtenir un produit en grande série et à des prix de revient abordables.

La conception de l'outil nous a permis de faire un travail de recherche sur les presses et leurs outils et de leur mise en œuvre. La conception réalisée en utilisant le logiciel de conception assisté par ordinateur(CAO) qui nous a permis d'avoir les caractéristiques dimensionnelles et géométriques des différents composants de l'outil.

Enfin on peut dire que l'étude de l'outil proposé est suffisante pour sa réalisation et sa mise en marche au sein de l'entreprise.